



**Mafalda Diana das  
Dores Rocha e Silva**

**Pegada de carbono da Quinta da Gruta:  
quantificação e compensação**





**Mafalda Diana das  
Dores Rocha e Silva**

**Pegada de carbono da Quinta da Gruta:  
quantificação e compensação**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor Luís Manuel Guerreiro Alves Arroja, Professor Associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro e co-orientação da Doutora Ana Cláudia Relvas Vieira Dias, Estagiária de Pós Doutoramento do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro



Dedico o presente trabalho à memória do meu Pai



## **o júri**

presidente

Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria Isabel Aparício Paulo Fernandes  
Professora Associada da Universidade de Aveiro

Prof.<sup>a</sup> Doutora Belmira de Almeida Ferreira Neto  
Professora Auxiliar da Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto

Prof. Doutor Luís Manuel Guerreiro Alves Arroja  
Professor associado da Universidade de Aveiro

Doutora Ana Cláudia Relvas Vieira Dias  
Estagiária de Pós Doutoramento da Universidade de Aveiro





## **agradecimentos**

No decurso do presente trabalho pude contar com o contributo de diversas pessoas, pelo que gostaria assim de prestar os meus agradecimentos e reconhecimentos:

Ao Professor Doutor Luís Arroja e à Doutora Ana Cláudia Dias pela orientação e disponibilidade demonstrada.

À Directora do Departamento do Ambiente e Planeamento Territorial da Câmara Municipal da Maia, a Eng.<sup>a</sup> Helena Lopes, a qual acreditou em mim desde o início para a concretização deste projecto.

À coordenadora da Quinta da Gruta, a Doutora Marta Moreira, pelo acolhimento e pelos esclarecimentos prestados.

A todos os colaboradores da Quinta da Gruta, em especial à Conceição Sousa e ao Pedro José, obrigada pela camaradagem, pela motivação e pelo apoio.

A todas as pessoas que contribuíram, de algum modo, para a concretização da pesquisa realizada, e a quem não posso deixar de apresentar os meus sinceros agradecimentos.

Aos meus amigos que me presentearam com frases de incentivo, mesmo nas etapas mais complicadas.

À minha família e ao meu namorado pela paciência, compreensão e carinho demonstrados, em especial à minha Mãe que esteve sempre comigo, mesmo nos dias de maior desânimo.

Ao meu irmão, um agradecimento especial. Obrigada por me teres orientado numa fase difícil das nossas vidas.



## **palavras-chave**

Compensação de emissões, gases com efeito de estufa, pegada de carbono, Quinta da Gruta, redução de emissões.

## **resumo**

A presente dissertação resulta de uma proposta feita por parte da Câmara Municipal da Maia, para a realização de um estudo sobre a pegada de carbono na Quinta da Gruta, um centro de educação ambiental localizado na freguesia de Avioso (Santa Maria), na Vila do Castelo da Maia.

Neste sentido, após uma revisão de literatura no âmbito das metodologias actualmente usadas no cálculo da pegada de carbono, foram calculadas as emissões totais anuais decorrentes da actividade da Quinta da Gruta, para o período de Setembro de 2009 a Agosto de 2010, através da aplicação de uma metodologia baseada no Protocolo de Gases com Efeito de Estufa, desenvolvido em parceria pelo WBCSD e pelo WRI.

Do estudo efectuado, determinou-se que as emissões totais anuais associadas à Quinta da Gruta resultam no valor de 120484 kgCO<sub>2</sub>e. Determinou-se igualmente, que era necessário intervir nas fontes de emissão que mais contribuía para a pegada de carbono da Quinta da Gruta, ou seja, as fontes de emissão associadas ao consumo e produção de electricidade e à combustão e produção de gás natural, na medida em que estas fontes representavam em conjunto, cerca de 93% das emissões totais.

Assim, no sentido de se reduzirem as emissões associadas às actividades com maior percentagem de contribuição para a pegada de carbono, identificaram-se um conjunto de medidas que ao serem aplicadas, levam a uma redução da pegada na ordem dos 24%.

Por último, de forma a obter-se um balanço total neutro em carbono, identificou-se como projecto de compensação, para as emissões que não foram passíveis de serem reduzidas, a plantação de espécies florestais no Parque de Avioso – S. Pedro, situado no concelho da Maia.



**keywords**

Carbon footprint, emissions offsetting, emissions reduction, greenhouse gases, Quinta da Gruta.

**abstract**

This thesis emerged from a proposal made by the City Hall of Maia, to perform a study on the carbon footprint in Quinta da Gruta, an environmental education center located in the parish of Avioso (Santa Maria), at the village of Castelo da Maia.

In this way, after a review of the literature in the context of the methodologies currently used in the calculation of carbon footprint, the emissions resulting from the activity of Quinta da Gruta were calculated, for the period between September 2009 to August 2010, through the application of a methodology based in the Protocol of Greenhouse Gases, developed by WBCSD and WRI.

The total annual emissions associated with Quinta da Gruta were estimated to be 120484 kgCO<sub>2</sub>e. To reduce this carbon footprint, is necessary to intervene in the emission sources that contributed most to the carbon footprint of the Quinta da Gruta, i.e., emission sources associated with consumption and production of electricity and with combustion and production of natural gas, as these sources represent 93% of the total annual emissions.

Therefore, a set of measures were identified to reduce the emissions associated with the activities with the highest percentage of contribution to the carbon footprint. The application of these measures lead to a reduction in the footprint of around 24%.

Finally, in order to achieve a neutral carbon balance, an offsetting project was identified for the emissions that were not able to be reduced, consisting in the plantation of forest species in the park of Avioso - S. Pedro, located in the council of Maia.



# Índice

**Agradecimentos**

**Palavras-chave / Resumo**

**Keywords / Abstract**

<b>Índice .....</b>	<b>I</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>III</b>
<b>Lista de tabelas.....</b>	<b>V</b>
<b>Símbolos e abreviaturas.....</b>	<b>VII</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. Objectivos .....	2
1.3. Estrutura da dissertação .....	2
<b>2. As alterações climáticas e a pegada de carbono .....</b>	<b>5</b>
2.1. Alterações climáticas .....	5
2.2. Efeito de estufa .....	7
2.3. Gases com efeito de estufa .....	8
2.4. Redução das emissões de GEE: políticas e medidas .....	10
2.5. A pegada de carbono .....	12
<b>3. Caso de estudo: Quinta da Gruta .....</b>	<b>17</b>
3.1. Caracterização da Quinta da Gruta.....	17
3.2. Descrição da metodologia aplicada.....	18
3.3. Definição dos limites organizacionais.....	19
3.4. Definição dos limites operacionais .....	20
3.5. Quantificação das emissões de GEE .....	21
3.5.1. Identificação das fontes de emissão de GEE .....	22
3.5.2. Selecção dos factores de emissão .....	24
3.5.2.1. Âmbito 1 .....	24
3.5.2.2. Âmbito 2 .....	26
3.5.2.3. Âmbito 3 .....	26
3.5.3. Recolha de dados da actividade .....	32
3.5.4. Aplicação de uma metodologia de cálculo.....	34
3.5.4.1. Âmbito 1 .....	34
3.5.4.2. Âmbito 2 .....	36
3.5.4.3. Âmbito 3 .....	37

<b>4. Resultados e discussão .....</b>	<b>41</b>
4.1. Resultados por âmbito de estudo .....	46
4.2. Resultados por actividade por âmbito de estudo .....	47
4.3. Resultados por actividade .....	50
<b>5. Identificação de um plano de acção para a redução da pegada .....</b>	<b>53</b>
5.1. Definição de projectos de redução .....	53
<b>6. Identificação de um plano de acção para a compensação da pegada .....</b>	<b>59</b>
<b>7. Conclusão .....</b>	<b>63</b>
<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>67</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>75</b>
Anexo A.....	77
Anexo B.....	79



# Lista de figuras

Figura 1 Desvios de temperatura média anual global relativos ao período de 1850-2010 (°C).	6
Figura 2 Estimativa do balanço radiativo médio anual e global da Terra.....	7
Figura 3 Localização da Quinta da Gruta (Ponto A).....	17
Figura 4 Definição dos limites organizacionais e operacionais da Quinta da Gruta .....	20
Figura 5 Emissões anuais por âmbito de actividade, em kg CO <sub>2</sub> e .....	47
Figura 6 Emissões anuais por actividade para o âmbito 1, em kgCO <sub>2</sub> e .....	47
Figura 7 Emissões anuais por actividade para o âmbito 3, em kg CO <sub>2</sub> e .....	48
Figura 8 Emissões anuais associadas à produção de combustíveis fósseis, em kgCO <sub>2</sub> e .....	49
Figura 9 Emissões anuais associadas à incineração por tipo de resíduo, em kgCO <sub>2</sub> e .....	49
Figura 10 Emissões anuais associadas à reciclagem por tipo de resíduo, em kgCO <sub>2</sub> e .....	50
Figura 11 Emissões anuais totais para cada actividade, em kgCO <sub>2</sub> .....	51



# Lista de tabelas

Tabela 1 Gases com efeito de estufa e respectivos PAG (100 anos).....	10
Tabela 2 Fontes de emissão e respectivos âmbitos.....	22
Tabela 3 Factores de emissão padrão para fontes de combustão rodoviárias .....	24
Tabela 4 Factores de emissão padrão para fontes de combustão estacionária.....	25
Tabela 5 Factores de emissão associados ao tratamento biológico de resíduos.....	25
Tabela 6 Factores de emissão associados à fermentação entérica .....	25
Tabela 7 Factores de emissão associados à gestão de estrume .....	25
Tabela 8 Factores de emissão associados ao consumo de energia eléctrica.....	26
Tabela 9 Factores de emissão associados à produção de energia eléctrica.....	27
Tabela 10 Factores de emissão associados à produção de combustíveis fósseis.....	27
Tabela 11 Factores de emissão associados à combustão de gasolina de mistura .....	28
Tabela 12 Factores de emissão associados à produção de gasolina de mistura.....	28
Tabela 13 Factores de emissão associados à incineração de resíduos.....	29
Tabela 14 Factores de emissão associados à reciclagem de resíduos.....	30
Tabela 15 Factores de emissão associados ao transporte dos resíduos para a LIPOR.....	30
Tabela 16 Factores de emissão associados ao tratamento de águas residuais .....	31
Tabela 17 Factor de emissão associado à produção de papel de impressão e escrita .....	31
Tabela 18 Factores de emissão associados ao transporte do papel de impressão e escrita .	32
Tabela 19 Dados de actividade referentes ao período de inventário.....	33
Tabela 20 Valores da densidade e do PCI associados à gasolina e ao gasóleo .....	35
Tabela 21 Valor do PCI associado ao gás natural .....	35
Tabela 22 Emissões anuais para as actividades do âmbito 1, em kg <sub>GEE</sub> .....	41
Tabela 23 Emissões anuais para a actividade do âmbito 2, em kg <sub>GEE</sub> .....	41
Tabela 24 Emissões totais anuais para as actividades do âmbito 3, em kg <sub>GEE</sub> .....	42
Tabela 25 Emissões anuais associadas ao transporte e tratamento de resíduos incinerados, em kg <sub>GEE</sub> .....	43
Tabela 26 Emissões anuais associadas ao transporte e tratamento de resíduos reciclados, em kg <sub>GEE</sub> .....	44
Tabela 27 Emissões totais anuais por actividade, em kg CO <sub>2</sub> e.....	45
Tabela 28 Emissões totais anuais para cada tipo de resíduo, consoante o tipo de tratamento a que foi sujeito, em kg CO <sub>2</sub> e.....	46
Tabela 29 Consumos anuais decorrentes da iluminação.....	54
Tabela 30 Consumos ao nível da iluminação resultantes das medidas de redução .....	55

Tabela 31 Emissões totais anuais resultantes do plano de redução, em kgCO <sub>2</sub> e .....	57
Tabela 32 Parâmetros utilizados no cálculo do incremento florestal .....	60
Tabela 33 Incremento do carbono para as espécies florestais consideradas .....	61
Tabela 34 Incremento do CO <sub>2</sub> para as espécies florestais consideradas.....	61
Tabela 35 Área necessária para cada espécie, para compensar a pegada de carbono.....	62

# Símbolos e abreviaturas

APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AVC	Análise do Ciclo de Vida
BSI	British Standards Institute
C	Carbono
CAC	Comissão para as Alterações Climáticas
CRE	Certificados de Reduções de Emissões
CFCs	Clorofluorcarbonetos
CH <sub>4</sub>	Metano
CMM	Câmara Municipal da Maia
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CO <sub>2</sub> e	Dióxido de Carbono Equivalente
COP	Conference of the Parties
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
CQNUAC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas
EEA	European Environment Agency
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
FE	Factor de emissão
g	Grama
GEE	Gases com Efeito de Estufa
GWP	Global Warming Potential
HCFCs	Hidroclorofluorcarbonetos
HFCs	Hidrofluorcarbonetos
H <sub>2</sub> O	Água
IC	Implementação Conjunta
ISO	International Organization for Standardization
IPCC	International Panel on Climate Change
kg	Quilograma
km	Quilómetro
kWh	Kilowatt-hora
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MJ	Megajoule
N	Azoto

NO <sub>x</sub>	Óxidos de Azoto
N <sub>2</sub> O	Óxido Nitroso
O <sub>3</sub>	Ozono
PAG	Potencial de Aquecimento Global
PAG <sub>100</sub>	Potencial de Aquecimento Global no horizonte temporal de 100 anos
PAS	Publicly Available Specification
PCI	Poderes Caloríficos Inferiores
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PET	Polietileno Tereftalato
PFCs	Perfluorcarbonetos
PNAC	Programa Nacional para as Alterações Climáticas
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PP	Polipropileno
PQ	Protocolo de Quioto
Protocolo de GEE	Protocolo de Gases com Efeito de Estufa
SF <sub>6</sub>	Hexafluoreto de enxofre
t	Tonelada
TJ	Terajoule
tkm	Tonelada por Quilómetro
UE	União Europeia
UN	United Nations
UNFCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UNEP	United Nations Environment Programme
URE	Unidades de Redução de Emissões
W	Watt
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WMO	World Meteorological Organizations
WRI	World Resources Institute

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento

O International Panel on Climate Change (IPCC) tem vindo a alertar para a necessidade de reduzir as emissões mundiais dos principais gases com efeito de estufa (GEE), definidos pelo Protocolo de Quioto (PQ), de forma a evitar os piores impactes das alterações climáticas.

No entanto, apesar das alterações climáticas serem um tema supracitado na sociedade actual, são poucas as iniciativas especificamente dirigidas a indivíduos, entidades ou organizações no sentido de controlarem as emissões GEE resultantes das suas actividades, participando assim de forma activa na redução da concentração de GEE na atmosfera.

Neste sentido, surge o cálculo da pegada de carbono, o qual permite quantificar as emissões em dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2\text{e}$ ) que são emitidas directa ou indirectamente por uma actividade ou que são acumuladas ao longo do ciclo de vida de um produto (Wiedmann et al., 2008). Desta forma, uma determinada entidade poderá conhecer quais as principais fontes de emissão resultantes da sua actividade e poderá adoptar medidas no sentido de reduzir essas emissões.

Ainda no âmbito da responsabilidade ambiental, surge uma outra ferramenta que tem vindo a ser utilizada em conjunto com o cálculo da pegada de carbono e que é a aplicação do conceito carbono neutro, ou em inglês, carbon neutral, isto é, a aplicação de medidas de compensação às emissões que não possam ser reduzidas, levando assim a um balanço total neutro em carbono (ISA, 2006).

Assim, aliando o cálculo da pegada de carbono ao conceito carbono neutro no sentido de promover a sua responsabilidade no combate às alterações climáticas, foi solicitado pela Câmara Municipal da Maia (CMM), um estudo sobre a quantificação da pegada de carbono e posterior implementação do conceito carbono neutro na Quinta da Gruta. Como este é o local onde se centraliza toda a estratégia de educação para o desenvolvimento sustentável do concelho, teria toda a lógica começar por realizar um estudo a este nível nesse local.

## 1.2. Objectivos

A presente dissertação tem como principal objectivo a quantificação da pegada de carbono e a aplicação de medidas de compensação, ao espaço Quinta da Gruta, um complexo de educação ambiental propriedade da Câmara Municipal da Maia.

Nesse sentido, este estudo visa o desenvolvimento de dois objectivos específicos, nomeadamente:

- I. A avaliação das emissões de GEE decorrentes das actividades da Quinta, através da realização de um inventário com o qual se obtém o valor das emissões em quilogramas de dióxido de carbono equivalente ( $\text{kgCO}_2\text{e}$ ).
- II. A definição de um plano de acção para a redução da pegada de carbono, bem como um plano de compensação para as emissões de GEE que não podem ser reduzidas ou mitigadas.

Assim, este estudo adopta uma abordagem de valorização da actividade desenvolvida na Quinta, em matéria de responsabilidade climática.

Além dos objectivos acima mencionados, o presente estudo pretende dar a conhecer uma forma de acção que pode e deve ser utilizada por indivíduos, entidades ou empresas que pretendem contribuir para a redução da concentração de GEE na atmosfera, ajudando desta forma no cumprimento dos objectivos nacionais assumidos com a adopção do PQ.

## 1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação está estruturada em sete capítulos. No presente capítulo foi efectuado o enquadramento do trabalho e foram apresentados os objectivos do mesmo.

No capítulo dois é abordada a temática das alterações climáticas, apontando o aumento da concentração dos GEE na atmosfera ao longo das últimas décadas como a principal causa do aquecimento global. É também feita uma breve descrição do efeito de estufa e dos gases que mais o potenciam, bem como a resposta da comunidade internacional face a este fenómeno,



focando o PQ. Neste capítulo é definido ainda o termo pegada de carbono abordando algumas metodologias de cálculo, e o conceito de compensação das emissões, designado carbono neutro, apresentando-os como uma ferramenta para a redução das emissões de GEE na atmosfera.

O capítulo três é dedicado ao desenvolvimento do caso de estudo – a Quinta da Gruta. Primeiramente é efectuada uma breve caracterização do espaço da Quinta da Gruta e em seguida é feita a descrição da metodologia aplicada na presente dissertação, o Protocolo de Gases com Efeito de Estufa (Protocolo de GEE) (WBCSD and WRI, 2004) a qual servirá de base para a realização do inventário de GEE, sendo definidos os limites operacionais e organizacionais e identificadas as fontes de emissão. Posteriormente, ainda no mesmo capítulo, é estabelecido o período de estudo (ano base), são recolhidos dados de actividade relativos a esse período, são seleccionados factores de emissão e são apresentadas as fórmulas de cálculo através das quais se irá efectuar o cálculo da pegada de carbono associada à Quinta da Gruta.

No capítulo quatro são apresentadas as emissões totais anuais em  $\text{kg}_{\text{GEE}}$ , através da aplicação das fórmulas apresentadas no capítulo anterior, bem como as emissões totais anuais em  $\text{kgCO}_2\text{e}$ , através da aplicação dos Potenciais de Aquecimento Global, resultantes da actividade da Quinta

No capítulo cinco define-se um plano de acção para a redução da pegada de carbono, calculada no capítulo anterior.

No capítulo seis define-se um plano de acção para a compensação das emissões que não foram passíveis de serem reduzidas, levando assim, a um balanço total neutro em carbono.

Por último, no capítulo sete faz-se uma análise global ao trabalho efectuado, sendo apresentadas as principais conclusões e propostas sugestões para trabalho futuro.



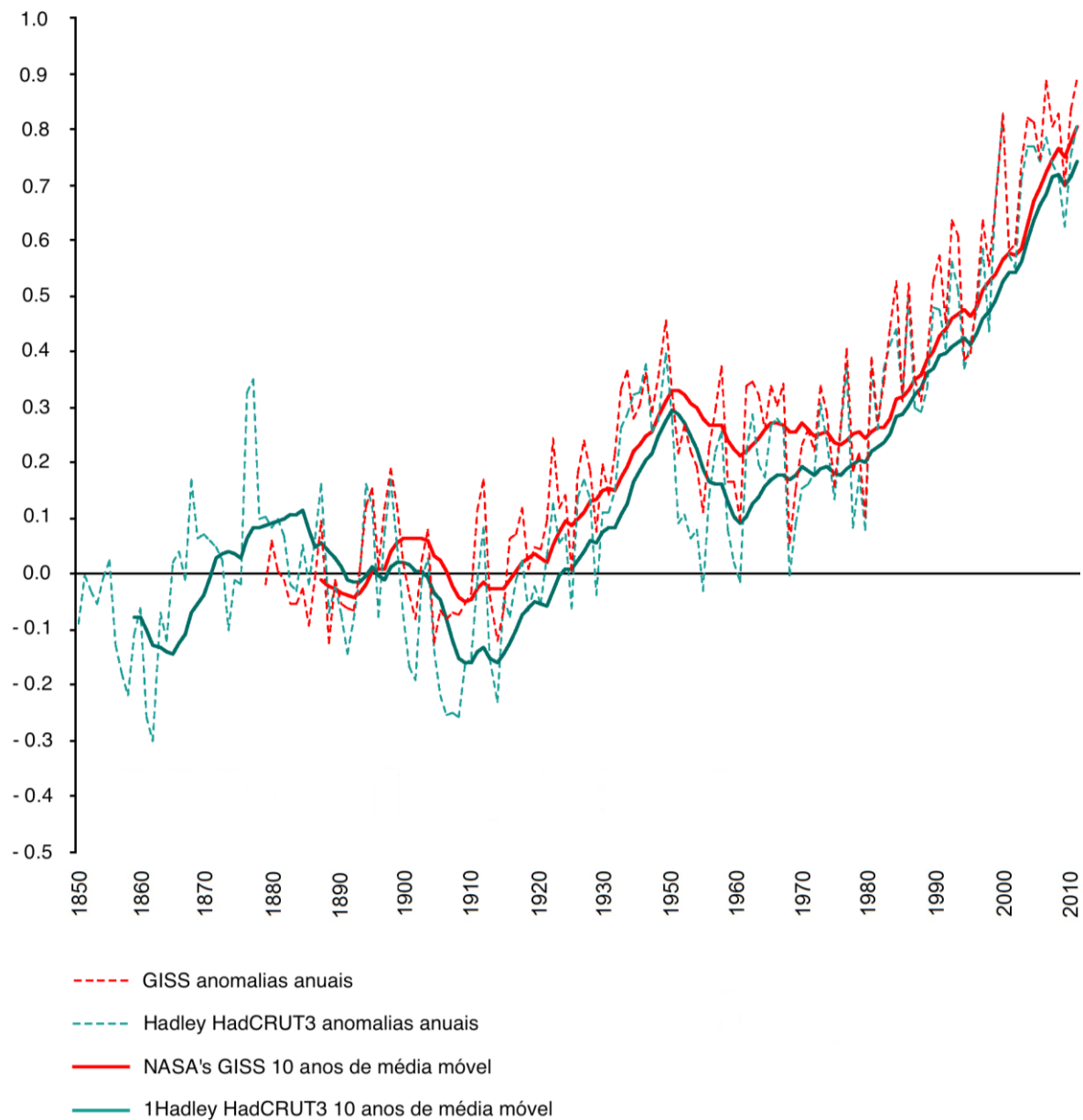
## **2. As alterações climáticas e a pegada de carbono**

### **2.1. Alterações climáticas**

O sistema climático é um sistema complexo e interactivo cuja evolução ao longo do tempo decorre sob a influência da sua própria dinâmica interna e de mudanças nos factores externos que afectam o clima, tais como erupções vulcânicas, variações solares e fenómenos antropogénicos (IPCC, 2007a).

No entanto, apesar de serem muitos os factores a terem influência no clima, são os fenómenos antropogénicos os principais responsáveis pelas alterações climáticas registadas ao longo das últimas décadas. O aumento da concentração de GEE na atmosfera de origem antropogénica, por exemplo, tem levado a um aumento da temperatura média da terra, constituindo assim, um dos indicadores mais claros das alterações climáticas (IPCC, 2007a).

Observações instrumentais efectuadas ao longo dos últimos 100 anos demonstram que a temperatura tem vindo a aumentar a nível mundial, tal como se pode verificar pela análise da Figura 1. Ainda pela análise da Figura 1, é possível constatar que a última década, 2001-2010, apresenta os valores mais elevados da série, com os 11 dos últimos 13 anos classificados como os mais quentes, sendo o ano de 2010 considerado a nível mundial, como o ano mais quente para o GISTEMP: GISS (Goddard Institute for Space Studies) Surface Temperature datasets e o segundo mais quente para a base de dados HadCRUT3: Met Office Hadley Centre Temperature Observations datasets (EEA, 2011).



**Figura 1** Desvios de temperatura média anual global relativos ao período de 1850-2010 (°C).

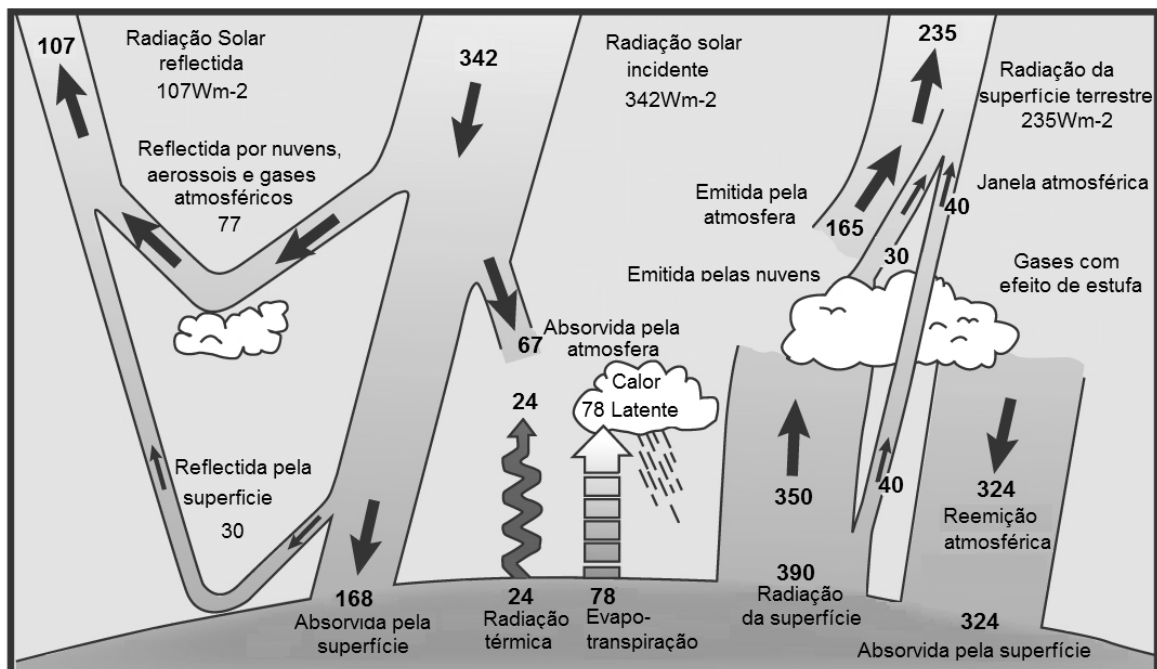
Fonte: Adaptado de EEA (2011)

Segundo a European Environment Agency (EEA), a temperatura média global deverá continuar a aumentar, prevendo-se que o aumento global para este século seja entre 1,8 e 4,0 °C na melhor das estimativas, assumindo que não serão implementadas políticas adicionais para limitar as emissões de gases de efeito estufa (EEA, 2011).

## 2.2. Efeito de estufa

Segundo o IPCC, a energia solar incide sobre a superfície terrestre em comprimentos muito curtos do espectro visível, ou quase visível, como é o caso dos raios ultravioletas, sendo aproximadamente um terço dessa energia reflectida directamente para o espaço, e os restantes dois terços absorvidos pela superfície terrestre e, em menor quantidade, pela atmosfera (IPCC, 2007a).

No entanto, como a Terra é muito mais fria que o sol, a reflexão dá-se em comprimentos de onda mais longos do espectro, principalmente na parte infra-vermelha, levando assim a que parte da radiação térmica emitida pela superfície terrestre seja absorvida pela atmosfera e reemitida, de novo, para a superfície terrestre, interferindo desta forma com o balanço radiativo global, tal como está esquematizado na Figura 2, o que provoca um efeito de estufa natural, sem o qual a temperatura média da terra estaria abaixo do ponto de congelamento da água, tornando a vida, tal como a conhecemos, impossível (IPCC, 2007a). Assim, do balanço radiativo entre a radiação que atinge o globo e a que é emitida de volta para o espaço, resulta um saldo positivo de energia que é responsável pela temperatura média da superfície terrestre de 15°C.



**Figura 2** Estimativa do balanço radiativo médio anual e global da Terra

Fonte: Adaptado de IPCC (2007a)

Como os GEE absorvem e reemitem radiação a comprimentos de onda específicos no espectro da radiação infravermelha e como a sua concentração na atmosfera ao longo das últimas décadas tem vindo a aumentar, o balanço radiativo tem-se vindo a alterar, dado que há uma maior absorção da energia térmica, o que tem levado ao aumento do efeito de estufa e, consequentemente, ao aumento da temperatura média global.

### 2.3. Gases com efeito de estufa

Os GEE, existentes na atmosfera podem ter duas origens: naturais e antropogénicas. Uma grande parte dos GEE podem resultar quer de origem natural quer de origem antropogénica como, a água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ), o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e o ozono ( $\text{O}_3$ ). No entanto, existem outros gases que resultam exclusivamente de acção humana como o hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ) e vários hidrocarbonetos halogenados: halons, clorofluorcarbonetos (CFCs), hidrofluorcarbonetos (HFCs) e perfluorcarbonetos (PFCs) (IPCC, 2007a).

De entre os gases acima mencionados, o vapor de água é o que mais contribui para o efeito de estufa natural. No entanto, o vapor de água existente na atmosfera resulta do ciclo hidrológico, não tendo origem directa em actividades antropogénicas (IPCC, 2007a).

O  $\text{CO}_2$  é o principal gás com efeito de estufa, sendo que 50% das emissões globais deste gás são de origem antropogénica (UNFCCC, 2007). O aumento deste gás na atmosfera deu-se a partir da revolução industrial no século XIX, sendo a sua principal fonte de emissão a combustão de combustíveis fósseis. Outra grande fonte de emissão deste gás resulta de alterações a nível do solo, como a desflorestação que leva à libertação para a atmosfera de grandes quantidades de carbono armazenado através da queima da biomassa. A produção de cimento constitui igualmente, uma importante fonte antropogénica de  $\text{CO}_2$  (IPCC, 2007a).

No que diz respeito ao  $\text{CH}_4$ , 6% das suas emissões globais resultam da acção humana (UNFCCC, 2007), sendo actividades agrícolas como a produção de arroz e a criação de gado as actividades antropogénicas que mais contribuem para o aumento deste gás na atmosfera. A decomposição anaeróbia de resíduos, a queima de biomassa, a queima de combustíveis fósseis e a sua extracção e distribuição, resultam de igual forma, em fontes antropogénicas de  $\text{CH}_4$  (IPCC, 2007a; UNEP and UNFCCC, 2002).

Para o  $\text{N}_2\text{O}$ , actividades antropogénicas como o uso de fertilizantes e estrumes contendo azoto na agricultura, constituem a principal fonte de emissão. Outras actividades como a combustão de combustíveis fósseis, a queima de biomassa e a indústria química resultam noutras fontes de emissão para o  $\text{N}_2\text{O}$  (IPCC, 2007a; Houghton, 2004). De notar que 18% das emissões globais deste gás são de origem antropogénica (UNFCCC, 2007).

Relativamente aos hidrocarbonetos halogenados (halons, CFCs, HCFCs, HFCs e PFCs), a sua emissão para a atmosfera resulta essencialmente do uso destes compostos em frigoríficos, ar condicionado e extinção de incêndios (WMO, 2006). De notar que os CFCs foram substituídos por outros halocarbonetos, como os hidroclorofluorcarbonetos (HCFCs) e os HFCs, estando a utilização destes limitada pelo Protocolo de Montreal, com vista à protecção da camada de ozono estratosférico (IPCC, 2007a; Houghton, 2004).

No que concerne ao  $\text{SF}_6$ , as fontes antropogénicas resultam da utilização deste gás em equipamentos eléctricos. A utilização deste gás na extinção de incêndios e em processos industriais de produção de alumínio, magnésio e semicondutores, resultam de igual forma, em fontes de emissão de  $\text{SF}_6$  (IPCC, 2000a).

Por fim, a formação de  $\text{O}_3$  troposférico ocorre através de processos fotoquímicos que envolvem a oxidação de compostos orgânicos voláteis (COVs) e monóxido de carbono (CO), na presença de óxidos de azoto ( $\text{NO}_x$ ) e radiação ultravioleta, sendo que as fontes antropogénicas de COVs, CO e  $\text{NO}_x$ , resultam principalmente da combustão de combustíveis fósseis e biomassa (IPCC, 2007a).

Assim, de forma a perceber o real impacto que cada GEE possui sobre o aquecimento global num determinado intervalo de tempo, o IPCC definiu potenciais de aquecimento global (PAG). Em termos físicos, o PAG de um gás é definido como sendo o efeito de aquecimento de uma emissão instantânea de um quilograma desse gás relativamente ao  $\text{CO}_2$ , e é calculado para um determinado horizonte temporal (IPCC, 2007a).

Na Tabela 1 são apresentados os valores de PAG, para os principais gases com efeito de estufa, para o horizonte temporal de 100 anos ( $\text{PAG}_{100}$ ), estimados pelo IPCC no seu quarto relatório de avaliação (IPCC, 2007a).

**Tabela 1** Gases com efeito de estufa e respectivos PAG (100 anos)

Designação	Fórmula química	PAG <sub>100</sub>
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1
Metano	CH <sub>4</sub>	25
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	298
Clorofluorcarbonetos	CFCs	4750-14400 <sup>(b)</sup>
Hidroclorofluorcarbonetos	HCFC	77-2310 <sup>(b)</sup>
Hidrofluorcarbonetos	HFCs	124-14800 <sup>(b)</sup>
Perfluorcarbonetos	PFCs	7390-12200 <sup>(b)</sup>
Hexafluoreto de enxofre	SF <sub>6</sub>	22800

(b) Intervalo de valores para os diferentes CFCs, HCFCs, HFCs e PFCs.

Assim, é possível determinar a quantidade de GEE em termos de CO<sub>2</sub>e multiplicando a quantidade de cada composto pelo respectivo PAG<sub>100</sub>.

## 2.4. Redução das emissões de GEE: políticas e medidas

A problemática das alterações climáticas foi pela primeira vez abordada em 1979, na primeira Conferência Mundial do Clima, organizada pela World Meteorological Organization (WMO). A declaração final dessa reunião pedia que os governos previssem e prevenissem “potenciais impactes das actividades humanas no Clima, que pudessem ser adversas ao bem-estar da Humanidade”. Um dos resultados desta conferência foi o lançamento do Programa Mundial para o Clima (Borrego et al., 2009).

Em 1988, é criado pela WMO e pelo United Nations Environment Programme (UNEP), o IPCC (Borrego et al., 2009). A divulgação do primeiro relatório do IPCC em 1990, levou ao início das negociações para o estabelecimento da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (CQNUAC), tendo esta sido assinada por cerca de 150 países na Cimeira da Terra, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, e entrou em vigor em 1994 (UN, 1992). Com a aplicação da convenção, os países signatários comprometeram-se a estabilizar as concentrações atmosféricas de GEE a um nível que evitasse uma interferência antropogénica perigosa com o sistema climático, pelo que os países ficaram obrigados a vários compromissos, designadamente, a realização de inventários nacionais de emissões de GEE, a adopção de programas nacionais de redução das emissões de GEE e o



desenvolvimento de estratégias de adaptação aos impactos das alterações climáticas (UNFCCC, 1998).

Em 1997, na terceira Conferência das Partes da CQNUAC (Conference of the Parties - COP), realizada em Quioto, no Japão, foi adoptado o Protocolo de Quioto, no qual se definiram metas quantificáveis de redução de um conjunto de seis gases - CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC e SF<sub>6</sub> (UNFCCC, 1998).

Com a adopção deste protocolo, os países industrializados (países do Anexo B do protocolo) são obrigados a um esforço de redução global das suas emissões de GEEs, expressas em equivalentes de CO<sub>2</sub>, em 5,2%, até ao período de 2008 a 2012, relativamente aos valores de 1990 (UE, 2002).

A meta de redução acima definida, corresponde a uma redução agregada que, no entanto, se traduz em reduções ou aumentos individuais, diferenciados para cada país do Anexo B. Assim a redução conjunta prevista no Artigo 4º do PQ, estabelecido quase exclusivamente para a União Europeia (UE), cria uma diferenciação interna, a qual permite que alguns Estados Membros possam aumentar as suas emissões à custa do esforço de redução ou estabilização dos restantes. Assim, a UE comprometeu-se a uma meta de redução conjunta de 8%, podendo Portugal, de acordo com a diferenciação interna, aumentar em 27% as suas emissões de GEE, expressas em equivalentes de CO<sub>2</sub> (Borrego e tal., 2009; UN, 1997). A 16 de Fevereiro de 2005 o Protocolo de Quioto entrou finalmente em vigor, após ter sido ratificado por 141 países (UNFCCC, 2005).

A nível nacional, Portugal é uma das partes da CQNUAC e do PQ, tendo procedido à sua ratificação em 21 de Junho de 1993 através do Decreto n.º 20/93 e em 25 de Março de 2002 através do Decreto n.º 7/2002, respectivamente.

Decorrente dos compromissos internacionais acima mencionados, foi estabelecida, através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 72/98, de 29 de Junho, a Comissão para as Alterações Climáticas (CAC) composta por representantes dos vários ministérios, a qual conduziu à elaboração do Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), cuja primeira versão foi posta a discussão pública em Dezembro de 2001 (PNAC, 2001).

O PNAC constituiu assim, o primeiro programa nacional desenvolvido com o objectivo específico de controlar e reduzir as emissões de GEE, de forma a respeitar os compromissos

de Portugal no âmbito do PQ e da partilha de responsabilidades no seio da UE (Borrego et al., 2009).

### **2.5. A pegada de carbono**

A pegada de carbono, surge como uma ferramenta para fazer face à ameaça das alterações climáticas sendo definida como uma medida da quantidade de CO<sub>2</sub>e que é emitida directa e indirectamente por uma actividade ou acumulada ao longo do ciclo de vida de um produto (Wiedmann et al., 2008).

O crescente interesse na quantificação da pegada de carbono, deve-se, em parte, à maior sensibilização por parte da sociedade actual para o fenómeno das alterações climáticas, nomeadamente o aquecimento global. Assim, tendo sido reconhecido pela comunidade internacional que é necessário reduzir as emissões de GEE resultantes das actividades antropogénicas para minimizar os impactos das alterações climáticas, países, organizações e indivíduos estão a começar a assumir as suas responsabilidades ao nível desta temática (Corporate Environmental Strategy, 2002).

Além da razão acima enunciada, é cada vez mais do interesse das empresas e organizações a utilização desta ferramenta dado que estas além de poderem quantificar as suas emissões, podem tomar medidas no sentido de as reduzirem, levando a longo prazo a uma poupança financeira e a uma vantagem comercial, pois tendo uma atitude pró-activa no combate às alterações climáticas podem atrair possíveis novos clientes (Carbon Trust, 2008).

Uma outra ferramenta que tem vindo a ser utilizada em conjunto com a pegada de carbono é o conceito carbono zero, o qual visa a compensação das emissões que não foram passíveis de serem reduzidas, obtendo-se assim um balanço global neutro em carbono (ISA, 2006).

Assim, de uma forma global, para se alcançar um balanço total neutro em carbono, são necessárias, essencialmente, três fases distintas, nomeadamente (DECC, 2009).

- I. A quantificação das emissões, a qual requer a definição das emissões que serão calculadas e a definição de um limite claro das fontes de emissão que serão consideradas. Uma vez definido o limite, as emissões podem ser calculadas através da recolha de dados de actividade e da aplicação de factores de emissão apropriados.

Ainda no âmbito da quantificação, é importante salientar que existem, de uma forma global, dois tipos de pegada de carbono, a pegada de carbono para produtos e serviços e a pegada de carbono para organizações, empresas e eventos, existindo para cada tipo de pegada, diferentes metodologias de cálculo.

A pegada organizacional, por exemplo, implica a quantificação das emissões directas e indirectas associadas à actividade de uma determinada organização, sendo que as emissões directas resultam, por exemplo, da combustão de combustíveis fósseis em equipamentos e/ou veículos que são controlados pela organização, enquanto que as emissões indirectas resultam da actividade da organização mas que são emitidas a partir de instalações ou veículos que são propriedade de terceiros, como por exemplo o consumo de electricidade cujas emissões decorrentes da sua geração são controladas por terceiros.

Para quantificar as emissões de GEE a nível organizacional ou empresarial, existem actualmente duas metodologias, sendo uma dada pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) em parceria com o World Resources Institute (WRI) com o Protocolo de Gases com Efeito de Estufa: Normas Corporativas de Transparência e Contabilização (WBCSD and WRI, 2004) e a outra pela International Organization for Standardization (ISO) com a ISO 14064 (ISO, 2006a, b) (Carbon Trust, 2007).

Por outro lado, a pegada de um produto, exige uma metodologia de cálculo diferente da metodologia aplicada a uma organização, na medida em que se baseia numa análise do ciclo de vida (ACV) do respectivo produto. Este tipo de análise tem vindo a ser usada no sentido de se caracterizar uma série de impactes ambientais associados a um determinado produto ou serviço, entre os quais o aquecimento global, a saúde dos ecossistemas e a depleção dos recursos de matérias-primas (Weidema et al., 2008; Pandey et al., 2010).

A pegada carbono de um produto pode ser feita através da realização de uma análise do “berço ao cliente”, tendo assim, que considerar todas as emissões provenientes da extracção de matérias-primas, bem como o seu processamento, produção e transporte para o revendedor/cliente. Outro tipo de abordagem consiste na realização de uma análise “do berço à cova” a qual para além de considerar as emissões resultantes das operações acima mencionadas, inclui as emissões associadas ao consumo e cenários de fim de vida do produto.

Presentemente, a metodologias disponíveis para o cálculo da pegada de um produto são, designadamente (Pandey et al., 2010). O Protocolo de GEE, desenvolvido em parceria entre o WBCSD e o WRI, que disponibiliza duas normas: A Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard e a Corporate Accounting and Reporting Standard: Guidelines for Value Chain (tier III) Accounting and Reporting, as quais fornecem ferramentas para o cálculo das emissões de GEE, bem como para a quantificação da redução das mesmas, através da adopção de projectos de mitigação (WBCSD and WRI, 2005); a ISO 14064 (parte 1 e 2) (ISO, 2006a, b), uma norma internacional para a determinação dos limites de quantificação e eliminação das emissões de GEE. Esta norma também fornece directrizes para a elaboração de projectos de mitigação das emissões de GEE; a Publicly Available Specification (PAS) 2050 (BSI, 2008), desenvolvida pelo British Standards Institute (BSI), a qual teve por base metodologias de ACV já existentes como a ISO 14040 (ISO, 1997) e a ISO 14044 (ISO, 2006), e que especifica os requisitos necessários para avaliar as emissões de GEE decorrentes do ciclo de vida de bens e serviços; e a ISO 14067, desenvolvida para a quantificação da pegada de carbono de produtos, e que à data ainda se encontra em fase de conclusão.

- II. A redução das emissões, a qual implica uma avaliação às fontes de emissão que são passíveis de serem reduzidas. Nesta fase pode-se adoptar medidas de eficiência energética, por exemplo, as quais são rentáveis a longo prazo pois, além de permitirem a redução das emissões de GEE, permitem uma maior economia financeira (DECC, 2009).
- III. A compensação das emissões. Esta terceira e última fase requer a aquisição de créditos de carbono no sentido de se compensarem as emissões residuais, após o cálculo da redução das emissões. A compensação deve ser calculada de forma a que os créditos sejam suficientes para reduzir as emissões a zero. No entanto, há que salientar que para além da aquisição de créditos de carbono, a compensação das emissões pode ser feita mediante a realização reduções voluntárias de emissão, ou seja, projectos voluntários de compensação (DECC, 2009; ISA, 2006).

Assim, a compensação da pegada de carbono deve ser vista como uma ferramenta complementar aos esforços de redução das emissões de GEE, contribuindo assim, para a redução do impacte das actividades humanas nas alterações climáticas.

A presente ferramenta, envolve o financiamento de projectos, como por exemplo projectos relacionados com fontes renováveis de energia, eficiência energética e reflorestação e plantação de novas florestas, que visam reduzir ou mitigar as emissões de GEE, através da geração de créditos de carbono, os quais vão permitir compensar a quantidade equivalente de emissões geradas.

No que diz respeito aos créditos de carbono, actualmente existem dois tipos de mercados: o mercado de conformidade, o qual envolve o comércio de créditos de carbono que são complacentes com os mecanismos definidos pelo PQ, e o mercado de não-conformidade, que por sua vez envolve o comércio de créditos de carbono que não são complacentes com os mecanismos definidos pelo PQ. Os créditos de carbono complacentes com o PQ resultam da utilização de um dos seguintes mecanismos: o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) e a implementação conjunta (IC) (DECC, 2009).

A IC ocorre entre os países do anexo B e consiste na possibilidade de um país, ou uma empresa de um país cumprir parte dos seus compromissos, financiando projectos de eficiência energética e/ou de retenção de GEE em florestas num outro país. Cada projecto de IC gera Unidades de Redução de Emissões (URE) que poderão ser posteriormente usadas pelo país investidor. Assim, as URE adquiridas pelo país investidor são adicionadas à sua quota de emissões e deduzidas à quota de emissões do país beneficiado pelo projecto. O MDL é idêntico à IC com a diferença dos projectos ocorrem entre os países do Anexo B e os países em desenvolvimento, sendo que cada projecto gera Certificados de Reduções de Emissões (CRE) (Borrego et al., 2009).

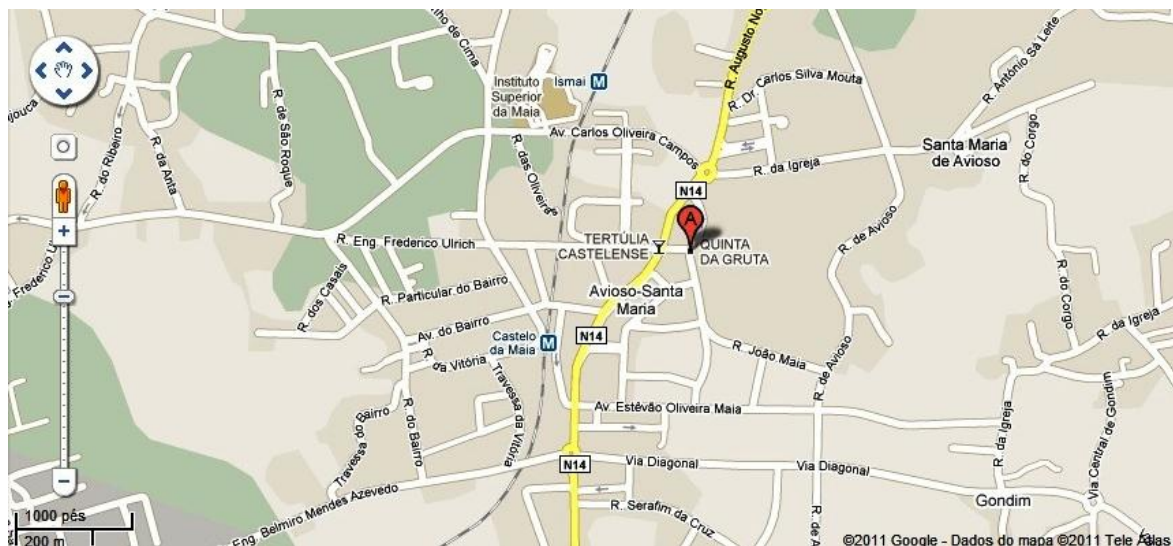
Por outro lado, no mercado de não-conformidade os créditos de carbono são emitidos por organismos não regulamentados, sendo geralmente conhecidos como Reduções Voluntárias de Emissão (DEEC, 2009).



## 3. Caso de estudo: Quinta da Gruta

### 3.1. Caracterização da Quinta da Gruta

A Quinta da Gruta localiza-se no distrito do Porto, concelho da Maia, freguesia de Avioso (Santa Maria) situada na Vila do Castelo da Maia (Figura 3).



**Figura 3** Localização da Quinta da Gruta (Ponto A)

Fonte: Mapas Google

A Quinta é propriedade da Câmara Municipal da Maia e apresenta-se como um complexo de educação ambiental, no qual se centraliza toda a estratégia de educação para o desenvolvimento sustentável do concelho.

Possui uma área total de 2,5 hectares na qual se inserem dois edifícios distintos, o palacete e a escola de educação ambiental. A construção do palacete remonta ao início do século XX, tendo sido posteriormente reconvertido de forma a funcionar como edifício principal, onde se encontram os serviços administrativos, bem como uma biblioteca voltada para a temática ambiental, tendo sido aberto ao público em 2001. Por outro lado, a escola de educação ambiental apresenta-se como um edifício secundário, onde se desenvolvem actividades

dirigidas a toda a comunidade, com especial destaque para os estabelecimentos de ensino (Quinta da Gruta, 2010).

No que concerne à escola de educação ambiental, esta encontra-se em funcionamento desde o ano de 2007 e nela estão incluídas uma cozinha, dois laboratórios, um anfiteatro, boxes para animais e hortas biológicas de forma a proporcionar as melhores condições para a realização das diversas actividades desenvolvidas pela Quinta.

A escola, apresenta anualmente um plano de educação ambiental, o qual tem como principal objectivo estimular a preservação e valorização do ambiente, pelo que as actividades oferecidas pela Quinta abordam temas tão actuais como as alterações climáticas, biodiversidade, qualidade do ar, eficiência energética, etc.

De notar que a Quinta conta com a colaboração 11 funcionários, sendo que 4 desenvolvem actividade no palacete e os restantes nos vários espaços da escola de educação ambiental, e que anualmente a Quinta recebe cerca de 4980 visitantes.

## **3.2. Descrição da metodologia aplicada**

Na presente dissertação, a metodologia de cálculo aplicada será a do Protocolo de Gases com Efeito de Estufa: Normas Corporativas de Transparência e Contabilização, desenvolvido em parceria entre o WBCSD e o WRI, e que estabelece normas e directrizes internacionais para a contabilização das emissões de GEE abrangidos pelo PQ ( $\text{CO}_2$  fóssil,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFC, PFC,  $\text{SF}_6$ ), ao nível de empresas e organizações (WBCSD and WRI, 2004).

As normas e directrizes do Protocolo de Gases com Efeito de Estufa (Protocolo de GEE) foram concebidas de forma a ajudar as empresas a preparar um inventário de GEE, que represente um registo justo e verdadeiro das suas emissões, visando assim, o aumento da conformidade e transparência dos registos e relatórios de GEE (WBCSD and WRI, 2004).

Assim, de forma a potenciar um registo justo e verdadeiro, um inventário de GEE baseia-se em cinco princípios, designadamente, o princípio de aplicabilidade, assegurando que o inventário reflecte com exactidão as emissões da empresa; o princípio da integralidade, através do registo e comunicação de todas as fontes e actividades de emissão de GEE dentro dos limites do inventário; o princípio da consistência, através da utilização de metodologias consistentes que permitam comparações relevantes ao longo do tempo, e os princípios da



transparência e da exactidão, garantindo assim a integridade da informação comunicada (WBCSD and WRI, 2004).

A aplicação da metodologia acima descrita, será desenvolvida ao longo dos itens que se seguem e assentará, essencialmente, em cinco pontos, designadamente:

- I. Definição dos limites organizacionais e operacionais
- II. Identificação de todas as fontes de emissão;
- III. Selecção dos factores de emissão;
- IV. Recolha dos dados de actividade;
- V. Quantificação das emissões de GEE.

### **3.3. Definição dos limites organizacionais**

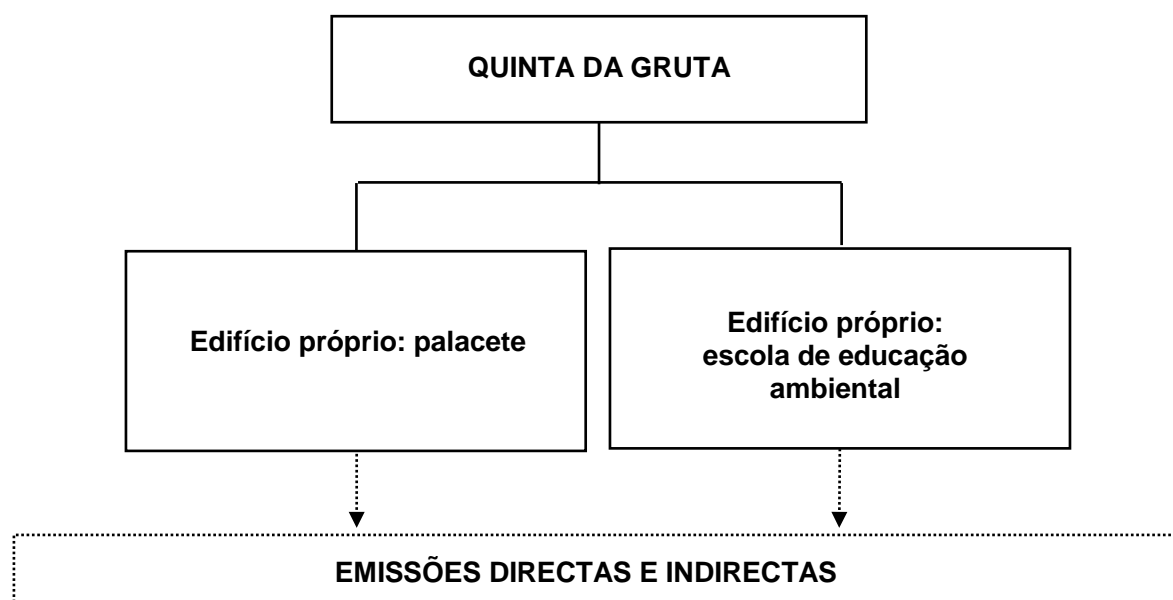
As operações de uma empresa variam nas suas estruturas legais e organizacionais, pelo que é fundamental o estabelecimento de limites organizacionais, estabelecendo por conseguinte uma abordagem para a consolidação das emissões de GEE (WBCSD and WRI, 2004).

Segundo o Protocolo de GEE, existem duas abordagens distintas para consolidar as emissões de GEE, designadamente: a participação de capital e a abordagem de controlo.

Relativamente à abordagem de participação de capital, neste tipo de abordagem uma entidade regista as emissões de GEE decorrentes das operações, conforme a sua participação de capital na operação. Na abordagem de controlo uma entidade responde por 100% das emissões de GEE, das operações que controla (WBCSD and WRI, 2004).

Contudo, é necessário ter em conta que o facto de uma entidade deter o controlo operacional, não implica que tenha, necessariamente, autoridade para tomar todas as decisões respeitantes a uma dada operação. Isto é, o controlo operacional significa que uma empresa tem autoridade para introduzir e implementar as suas políticas operacionais, podendo não ter autoridade para tomar decisões a nível de operações que envolvam um grande investimento financeiro.

Assim, tendo em conta o que foi anteriormente referido, a abordagem escolhida para consolidar as emissões de GEE para o caso de estudo foi a abordagem de controlo operacional, a qual está esquematizada na figura 4, dado que a nível financeiro a Quinta da Gruta reporta-se à CMM mas a nível operacional tem total controlo de pessoas e serviços, possuindo autoridade para introduzir e implementar as suas políticas operacionais.



**Figura 4** Definição dos limites organizacionais e operacionais da Quinta da Gruta

### 3.4. Definição dos limites operacionais

Após uma empresa determinar os seus limites organizacionais é então necessário estabelecer os seus limites operacionais, o que implica a identificação das emissões associadas às suas operações bem como a sua classificação em emissões directas ou indirectas. As emissões directas, são aquelas que são provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela entidade, e as emissões indirectas são aquelas que são consequência das actividades da entidade, mas que ocorrem em fontes que pertencem ou são controladas por outras entidades (WBCSD and WRI, 2004).

No sentido de ajudar na identificação das fontes de emissão directa e indirecta, o Protocolo de GEE estabelece três âmbitos, nomeadamente:

Âmbito 1, no qual devem ser identificadas todas as emissões directas de GEE, isto é, devem ser identificadas todas as emissões que são provenientes de fontes que pertencem ou que

são controladas pela empresa, como por exemplo as emissões de combustão de caldeiras, fornos, veículos da empresa ou por ela controlados.

Âmbito 2, onde devem ser identificadas todas as emissões indirectas de GEE decorrentes do consumo de electricidade, ou seja, devem ser contabilizadas as emissões provenientes da electricidade adquirida consumida pela empresa nas suas operações, sendo que as emissões ocorrem fisicamente onde a electricidade é gerada.

Âmbito 3, que respeita à identificação de todas as outras emissões indirectas decorrentes da actividade da empresa. Por outras palavras, as emissões do âmbito 3 são consequência da actividade da empresa mas que ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela mesma, como por exemplo a utilização de produtos e serviços vendidos. De notar que segundo o Protocolo de GEE, este âmbito é uma categoria de relatório opcional, pelo que se devem contabilizar apenas as categorias de emissão que sejam relevantes para a actividade da empresa.

Assim, tendo em conta o que foi acima mencionado, encontra-se na Figura 4 os limites operacionais associados à actividade da Quinta da Gruta.

### **3.5. Quantificação das emissões de GEE**

Estabelecidos os limites organizacionais e operacionais, ou seja, os limites do inventário, o próximo passo será a definição do período de inventário das emissões de GEE. Dado que o plano de educação ambiental da Quinta da Gruta se reporta ao período de Setembro de 2009 a Agosto de 2010, o inventário de emissões será elaborado tendo como referência esse intervalo de tempo.

Definido o período de inventário, é agora necessário identificar as fontes de emissão que ocorrem dentro dos limites do inventário, seleccionar factores de emissão, recolher dados de actividade das fontes de emissão, e por último quantificar as emissões associadas à actividade da Quinta, estando estes passos desenvolvidos nos itens que se seguem.

### 3.5.1. Identificação das fontes de emissão de GEE

Na identificação das fontes de emissão de GEE, foi necessário realizar uma análise exaustiva às actividades que foram realizadas na Quinta durante o período de Setembro de 2009 a Agosto de 2010, e que se encontram dentro dos limites organizacionais e operacionais definidos anteriormente.

Desta forma, estão reunidas na Tabela 2 as fontes de emissão que resultam das actividades desenvolvidas na Quinta da Gruta e os respectivos âmbitos.

**Tabela 2** Fontes de emissão e respectivos âmbitos

Âmbito	Fontes de emissão
<b>Âmbito 1</b>	Combustão de combustíveis fósseis decorrentes da deslocação dos colaboradores em viaturas pertencentes à Quinta; Combustão de gás natural em equipamento estacionário, para aquecimento da escola de educação ambiental; Tratamento biológico de resíduos sólidos gerados na Quinta; Emissões resultantes dos animais da Quinta; Emissões resultantes de equipamentos de refrigeração e de ar condicionado.
<b>Âmbito 2</b>	Consumo de energia eléctrica.
<b>Âmbito 3</b>	Produção de energia eléctrica; Produção de gasolina e gasóleo, usados nos veículos pertencentes à Quinta, e gás natural, usado para aquecimento da escola de educação ambiental; Combustão e produção de gasolina de mistura decorrente da actividade da empresa de jardinagem contratada para zelar pelos espaços verdes da Quinta; Transporte e tratamento dos resíduos sólidos; Tratamento de água residual; Produção do papel de impressão e de escrita consumido.

As fontes de emissão consideradas no âmbito 1 resultam directamente da actividade da Quinta da Gruta, sendo controladas pela mesma.

De notar que apesar de no âmbito 1, terem sido consideradas as fontes de emissão relativas aos gases refrigerantes decorrentes da utilização de equipamentos de refrigeração e de ar

condicionado, os gases presentes nos equipamentos de refrigeração e de ar condicionado da Quinta operam com os gases HC-600a e HCFC-22, respectivamente, os quais não são contemplados pelo PQ. Desta forma, as emissões resultantes destes gases vão ser comunicadas separadamente, tal como é definido no Protocolo de GEE, podendo ser consultadas no Anexo A.

Relativamente às fontes de emissão que constam no âmbito 3, estas são fontes de emissão indirecta que não são detidas nem controladas pela Quinta da Gruta e que foram sujeitas a uma análise de relevância.

Assim, foram consideradas as emissões relativas à produção de energia eléctrica bem como as emissões relativas à produção de gasolina, gasóleo e gás natural, na medida em que se considerou que estas fontes emitem quantidades consideráveis de GEE quando comparadas com as fontes de emissão dos âmbitos 1 e 2.

A fonte de emissão que respeita à combustão e produção de gasolina de mistura foi considerada no âmbito 3 pois apesar de resultar de uma actividade de outsourcing (não sendo as suas emissões controladas pela Quinta da Gruta), considerou-se que esta era uma fonte relevante e que a sua quantificação iria permitir perceber o impacto que esta actividade teria no total de GEE emitidos pela Quinta.

Relativamente ao tratamento dos resíduos sólidos, a Quinta da Gruta realiza várias actividades principalmente com estabelecimentos de ensino, além de que o espaço exterior está aberto ao público, sendo gerada uma quantidade significativa de resíduos, que apesar de resultarem de forma indirecta da actividade da Quinta se achou relevante considerar.

No que concerne ao tratamento de água residual, considerou-se importante analisar as emissões associadas a esta actividade, apesar de à partida se considerar que a mesma é pouco susceptível de gerar quantidades significativas de GEE.

Considerou-se ainda a produção de papel pois existe um consumo significativo deste produto por parte dos colaboradores, sendo desta forma relevante quantificar as emissões decorrentes da sua produção, além de que a sua quantificação irá permitir uma análise ao potencial de redução do seu consumo.

### 3.5.2. Selecção dos factores de emissão

Depois de identificadas as fontes de emissão associadas à actividade da Quinta, seleccionaram-se os factores de emissão para cada fonte, tendo estes sido, sempre que possível, ajustados à realidade nacional. Nos itens que se seguem, encontram-se os valores dos factores de emissão associados a cada actividade da Quinta, por âmbito de emissão.

#### 3.5.2.1. Âmbito 1

Relativamente ao âmbito 1, procedeu-se à determinação dos factores de emissão associados à combustão de combustíveis fósseis decorrentes da deslocação dos colaboradores em viaturas pertencentes à Quinta, à combustão de gás natural em equipamento estacionário, ao tratamento biológico de resíduos e, por último, às emissões associadas aos animais da Quinta.

No que concerne à combustão de combustíveis fósseis decorrentes da deslocação dos colaboradores em viaturas pertencentes à Quinta, há que ter em conta que a frota automóvel contempla dois veículos sendo que um dos veículos consome gasolina e o outro gasóleo. Os veículos descritos, são utilizados para as deslocações dos colaboradores que desenvolvem trabalho no palacete e na escola de educação ambiental quando as actividades não são realizadas na Quinta e necessitam de um maior número de colaboradores do que o habitual.

Os factores de emissão (FE) para a combustão de combustíveis fósseis resultantes da utilização da frota automóvel constam na Tabela 3.

**Tabela 3** Factores de emissão padrão para fontes de combustão rodoviárias

Tipo de combustível	GEE	FE	Fonte
<b>Gasolina</b>	CO <sub>2</sub>	69300	IPCC (2006)
	CH <sub>4</sub>	25	
	N <sub>2</sub> O	8	
<b>Gasóleo</b>	CO <sub>2</sub>	74100	IPCC (2006)
	CH <sub>4</sub>	3,9	
	N <sub>2</sub> O	3,9	

Os factores de emissão associados à combustão de gás natural em equipamento estacionário, uma caldeira afecta ao edifício da escola de educação ambiental que tem como

finalidade o aquecimento do espaço e da água deste edifício, encontram-se descritos na Tabela 4.

**Tabela 4** Factores de emissão padrão para fontes de combustão estacionária

Tipo de combustível	GEE	FE (kg/TJ)	Fonte
<b>Gás natural</b>	CO <sub>2</sub>	56100	IPCC (2006)
	CH <sub>4</sub>	5	
	N <sub>2</sub> O	0,1	

Os resíduos orgânicos produzidos na Quinta, resultam das actividades de cozinha realizadas na escola de educação ambiental e dos restos de comida resultantes da confecção de comida por parte de alguns colaboradores que almoçam na Quinta, sendo estes resíduos encaminhados para o compostor existente na horta biológica da escola de educação ambiental. Assim, na Tabela 5, encontram-se os factores de emissão relativos ao tratamento biológico de resíduos. De notar que o CO<sub>2</sub> não foi considerado na medida em que no tratamento biológico de resíduos, o CO<sub>2</sub> que se forma é considerado CO<sub>2</sub> renovável.

**Tabela 5** Factores de emissão associados ao tratamento biológico de resíduos

GEE	FE (g/kg resíduo)	Fonte
CH <sub>4</sub>	4	IPCC (2006)
N <sub>2</sub> O	0,3	

Por último, estão disponíveis nas Tabelas 6 e 7 os factores de emissão de CH<sub>4</sub> resultante dos animais existentes na Quinta.

De notar que estes foram separados em factores de emissão resultantes da fermentação entérica e em factores de emissão resultantes da gestão de estrume.

**Tabela 6** Factores de emissão associados à fermentação entérica

GEE	Animal	FE (kg/ano)	Fonte
CH <sub>4</sub>	Ovelhas	8	IPCC (2006)
	Cabras	5	

**Tabela 7** Factores de emissão associados à gestão de estrume

GEE	Animal	FE (kg/ano)	Fonte
CH <sub>4</sub>	Ovelhas	8	IPCC (2006)
	Cabras	5	
	Frangos	0,02	
	Patos	0,03	
	Coelhos	0,08	

### 3.5.2.2. Âmbito 2

Para o âmbito 2, procedeu-se à determinação dos factores de emissão associados ao consumo de energia eléctrica nos edifícios afectos ao caso de estudo, tendo-se obtido o valor do factor de emissão para a rede eléctrica nacional através da consulta da base de dados Ecoinvent 2.2 (Ecoinvent, 2010), constando os valores na Tabela 8.

De notar que os valores originais da Ecoinvent referem-se ao mix energético de 2004 e foram actualizadas para o mix energético de 2008, na medida em que a este ano correspondem os valores mais recentes disponibilizados pela base de dados.

**Tabela 8** Factores de emissão associados ao consumo de energia eléctrica

GEE	FE (kg/kWh)	Fonte
CO <sub>2</sub>	4,501E-01	Ecoinvent (2010)
CH <sub>4</sub>	3,926E-05	
N <sub>2</sub> O	8,160E-06	

### 3.5.2.3. Âmbito 3

No âmbito 3, procedeu-se à determinação dos factores de emissão relativos às emissões indirectas de GEE que resultam da actividade da Quinta. Assim, foram considerados os factores de emissão referentes à produção de energia eléctrica, à produção de gasolina, gasóleo e gás natural, à produção e consumo de gasolina de mistura decorrente da actividade da empresa de jardinagem, ao tratamento dos resíduos sólidos, designadamente incineração e reciclagem, e por último os factores de emissão referentes à produção do papel de impressão e de escrita consumido.



Os factores de emissão relativos à produção de energia eléctrica, foram retirados da base de dados Ecoinvent 2.2 (Ecoinvent, 2010) e encontram-se descritos na Tabela 9.

**Tabela 9** Factores de emissão associados à produção de energia eléctrica

GEE	FE (kg/kWh)	Fonte
CO <sub>2</sub>	1,133E-01	Ecoinvent (2010)
CH <sub>4</sub>	8,487E-04	
N <sub>2</sub> O	9,647E-06	
SF <sub>6</sub>	1,794E-06	

No que concerne aos factores de emissão associados à produção dos combustíveis fósseis consumidos na Quinta, como o gás natural, a gasolina e o gasóleo, estes foram igualmente retirados da base de dados Ecoinvent 2.2 (Ecoinvent, 2010), e constam na Tabela 10.

**Tabela 10** Factores de emissão associados à produção de combustíveis fósseis

Tipo de combustível	GEE	FE	Unidades	Fonte
<b>Gás natural</b>	CO <sub>2</sub>	6,940E+00	g/MJ	Ecoinvent (2010)
	CH <sub>4</sub>	2,920E-01		
	N <sub>2</sub> O	9,140E-05		
<b>Gasolina</b>	CO <sub>2</sub>	5,910E+02	g/kg	Ecoinvent (2010)
	CH <sub>4</sub>	1,920E+00		
	N <sub>2</sub> O	7,050E-03		
<b>Gasóleo</b>	CO <sub>2</sub>	3,830E+02	g/kg	Ecoinvent (2010)
	CH <sub>4</sub>	1,710E+00		
	N <sub>2</sub> O	5,400E-03		

Para os factores de emissão relativos à combustão de gasolina de mistura, foi necessário efectuar uma ligeira adaptação ao factor de emissão do CO<sub>2</sub> proposto pelo IPCC, na medida em que esta fonte não contempla para o CO<sub>2</sub> a contribuição do óleo lubrificante. Desta forma, optou-se por calcular a média ponderada do factor de emissão da gasolina (69300 kg/TJ) e do óleo lubrificante (73300 kg/TJ), tendo-se chegado ao valor de 34730 kg/TJ. Os valores dos factores de emissão associados a esta actividade constam na Tabela 11.

**Tabela 11** Factores de emissão associados à combustão de gasolina de mistura

Tipo de combustível	GEE	FE (kg/TJ)	Fonte
<b>Gasolina de mistura</b>	CO <sub>2</sub>	3,473E+04	IPCC (2006)
	CH <sub>4</sub>	1,800E+02	
	N <sub>2</sub> O	4,000E-01	

No que respeita aos factores de emissão associados à produção de gasolina de mistura, estes foram retirados da base de dados Ecoinvent 2.2 (Ecoinvent, 2010) e encontram-se na Tabela 12.

**Tabela 12** Factores de emissão associados à produção de gasolina de mistura

Tipo de combustível	GEE	FE (g/kg)	Fonte)
<b>Gasolina de mistura</b>	CO <sub>2</sub>	2,837E+02	Ecoinvent (2010)
	CH <sub>4</sub>	9,217E-01	
	N <sub>2</sub> O	3,384E-03	
	SF <sub>6</sub>	3,138E-08	

Relativamente aos resíduos resultantes da actividade da Quinta, há que ter em conta que estes têm dois destinos possíveis, isto é, os resíduos indiferenciados seguem para unidade incineradora da LIPOR - Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, e os resíduos que foram sujeitos a separação seguem igualmente para a LIPOR e desta para empresas recicladoras.

De referir que os resíduos gerados na Quinta são essencialmente os plásticos, dentro dos quais se encontram os plásticos mistos como o polipropileno (PP) (e.g. copos de iogurte e embalagens de batata frita), o polietileno tereftalato (PET) (e.g. latas de refrigerantes, garrafas de água e produtos de limpeza) e os polietileno (PE) de alta (PEAD) e baixa (PEBD) densidade (e.g. embalagens de alimentos, sacos do lixo e filmes flexíveis para embalagens). Há ainda geração de uma pequena quantidade de resíduos de papel/cartão e de vidro e, nos resíduos se seguem para incineração, restos de comida.

Assim, para a incineração e para a reciclagem, optou-se por encontrar factores de emissão associados ao tratamento dos vários tipos de resíduos acima identificados. Para a incineração os factores de emissão encontram-se na Tabela 13 e para a reciclagem os factores de emissão são apresentados na Tabela 14. De referir ainda que foi contemplado o

transporte dos resíduos para a LIPOR, quer os indiferenciados quer aqueles que são sujeitos a separação. Para o camião de recolha de resíduos, considerou-se que se tratava de um veículo pesado, movido a gasóleo e com uma carga útil de 8,2 t, estando os factores de emissão associados a esta actividade descritos na Tabela 15.

**Tabela 13** Factores de emissão associados à incineração de resíduos

<b>Tipo de resíduo</b>	<b>GEE</b>	<b>FE (kg/kg resíduo)</b>	<b>Fonte</b>
<b>Papel/cartão</b>	CO <sub>2</sub>	1,393E-02	Ecoinvent (2010)
	CH <sub>4</sub>	2,941E-05	
	N <sub>2</sub> O	1,746E-05	
	SF <sub>6</sub>	3,686E-10	
<b>PE</b>	CO <sub>2</sub>	2,990E+00	Ecoinvent (2010)
	CH <sub>4</sub>	2,440E-05	
	N <sub>2</sub> O	5,589E-06	
	SF <sub>6</sub>	2,561E-10	
<b>PET</b>	CO <sub>2</sub>	2,020E+00	Ecoinvent (2010)
	CH <sub>4</sub>	2,629E-05	
	N <sub>2</sub> O	2,739E-05	
	SF <sub>6</sub>	1,642E-10	
<b>Plásticos mistos</b>	CO <sub>2</sub>	2,332E+00	Ecoinvent (2010)
	CH <sub>4</sub>	6,293E-05	
	N <sub>2</sub> O	2,653E-05	
	SF <sub>6</sub>	2,433E-09	
<b>Restos de comida</b>	CO <sub>2</sub>	2,207E-02	Ecoinvent (2010)
	CH <sub>4</sub>	3,425E-05	
	N <sub>2</sub> O	1,262E-05	
	SF <sub>6</sub>	4,807E-10	

**Tabela 14** Factores de emissão associados à reciclagem de resíduos

Tipo de resíduo	GEE	FE (kg/kg resíduo)	Fonte
<b>Papel/cartão</b>	CO <sub>2</sub>	1,388E+00	Ecoinvent (2010)
	CH <sub>4</sub>	2,808E-03	
	N <sub>2</sub> O	9,333E-05	
	SF <sub>6</sub>	7,757E-08	
<b>PEAD</b>	CO <sub>2</sub>	2,359E+00	Franklin (1998)
	CH <sub>4</sub>	5,511E-04	
	N <sub>2</sub> O	2,981E-05	
	SF <sub>6</sub>	5,255E-08	
<b>PEBD</b>	CO <sub>2</sub>	1,415E+00	Franklin (1998)
	CH <sub>4</sub>	6,884E-04	
	N <sub>2</sub> O	1,887E-05	
	SF <sub>6</sub>	6,564E-08	
<b>PET</b>	CO <sub>2</sub>	2,267E+00	Franklin (1998)
	CH <sub>4</sub>	1,673E-03	
	N <sub>2</sub> O	3,538E-05	
	SF <sub>6</sub>	1,596E-07	
<b>PP</b>	CO <sub>2</sub>	2,763E+00	Franklin (1998)
	CH <sub>4</sub>	5,511E-04	
	N <sub>2</sub> O	3,417E-05	
	SF <sub>6</sub>	5,255E-08	
<b>Vidro</b>	CO <sub>2</sub>	7,620E-01	Ecoinvent (2010)
	CH <sub>4</sub>	1,324E-03	
	N <sub>2</sub> O	3,852E-05	
	SF <sub>6</sub>	2,364E-08	

**Tabela 15** Factores de emissão associados ao transporte dos resíduos para a LIPOR

GEE	FE (kg/tkm)	Fonte
CO <sub>2</sub>	4,947E+00	Ecoinvent (2010)
CH <sub>4</sub>	5,210E-03	
N <sub>2</sub> O	2,238E-04	
SF <sub>6</sub>	8,425E-09	

No que respeita ao factor de emissão associado ao tratamento de águas residuais há que ter em conta a estação de tratamento para a qual a água será encaminhada. No caso da Quinta da Gruta, a água é encaminhada para a estação de tratamento de águas residuais (ETAR) de Parada onde é submetida a um tratamento aeróbio. Na Tabela 16 consta o factor de emissão associado a este tipo de tratamento de água. De notar que este factor de emissão tem em conta a decomposição da matéria orgânica.

**Tabela 16** Factores de emissão associados ao tratamento de águas residuais

GEE	FE	Unidades	Fonte
N <sub>2</sub> O	0,005	kg N <sub>2</sub> O-N/kg N	IPCC (2006)

De referir que não foram considerados os factores de emissão associados ao CH<sub>4</sub> pois como se considera que o tratamento é aeróbio, não ocorrem emissões. No entanto, o tratamento de lamas é feito de forma anaeróbia, existindo por conseguinte, emissão de CH<sub>4</sub> para a atmosfera, a qual se considerou pouco significativa, pelo que não foi quantificada.

Por último, para a produção de papel de impressão e de escrita, recorreu-se mais uma vez à base de dados Ecoinvent 2.2 (Ecoinvent, 2010), de forma a encontrar um factor de emissão para a produção de papel ajustado à realidade nacional, estando o valor descrito na Tabela 17.

De notar que este factor de emissão tem em consideração o mix de electricidade nacional e refere-se a todos os processos incluídos no ciclo de vida do papel, isto é, desde a produção da matéria-prima até à porta da fábrica.

**Tabela 17** Factor de emissão associado à produção de papel de impressão e escrita

GEE	FE (kg/kg papel)	Fonte)
CO <sub>2</sub>	7,032E-01	Ecoinvent (2010)
CH <sub>4</sub>	2,111E-03	
N <sub>2</sub> O	8,456E-05	
SF <sub>6</sub>	4,231E-08	

Como os factores de emissão descritos na Tabela 17 não contemplam o transporte do papel desde o revendedor até ao consumidor, neste caso a Quinta da Gruta, recorrendo novamente

à base de dados Ecoinvent 2.2 (Ecoinvent, 2010) obtiveram-se os factores de emissão associados ao transporte do papel, os quais constam na Tabela 18, tendo-se considerando, que o transporte se fez num veículo pesado movido a gasóleo e com uma capacidade útil de 24 t.

**Tabela 18** Factores de emissão associados ao transporte do papel de impressão e escrita

GEE	FE (kg/tkm)	Fonte
CO <sub>2</sub>	9,411E-01	Ecoinvent (2010)
CH <sub>4</sub>	7,800E-05	
N <sub>2</sub> O	3,093E-05	

### 3.5.3. Recolha de dados da actividade

Nesta fase, recolheram-se dados sobre os consumos de materiais e bens associados à actividade da Quinta, para o posterior cálculo das emissões de GEE a partir dos factores de emissão descritos nos pontos anteriores.

Desta forma, quantificaram-se os seguintes dados de actividade:

- Energia eléctrica, através da consulta de facturas de consumo;
- Gás natural, decorrente do funcionamento da caldeira, através da consulta de facturas de consumo;
- Gasolina e gasóleo resultantes das deslocações dos colaboradores nas viaturas pertencentes à Quinta, através da consulta de registos de consumo facultados pela CMM;
- Gasolina de mistura decorrente da actividade da empresa de jardinagem, contratada pela CMM para zelar pelos espaços verdes da Quinta, através de informações cedidas pela própria empresa;
- Papel de impressão e escrita, e respectivo transporte através de dados cedidos pela CMM;
- Resíduos gerados na Quinta, através de pesagens semanais ao longo de dois meses de forma a obter-se uma amostra significativa e com menos incertezas associadas, e respectivo transporte através de informações obtidas junto da CMM;

- Resíduos orgânicos resultantes das actividades de cozinha da escola de educação ambiental, através da medição do volume do compostor, considerando que a cada m<sup>3</sup> correspondem 20kg de resíduos compostados.
- Volume de água residual gerado, através da consulta de facturas de consumo.

Quantificaram-se ainda os animais existentes na Quinta, tendo-se identificado as espécies existentes bem como os exemplares de cada espécie, de forma a quantificar-se as emissões associadas aos animais, constando a informação relativa ao período de inventário, para os itens descritos, na Tabela 19.

**Tabela 19** Dados de actividade referentes ao período de inventário

CONSUMÍVEIS		Quantidades	Unidade
Água		1105	m <sup>3</sup> /ano
Animais	Cabras	1	Número
	Coelhos	20	Número
	Frangos	13	Número
	Ovelhas	4	Número
	Patos	18	Número
Electricidade		144243	kWh/ano
Gás natural		7062	m <sup>3</sup> /ano
Gasolina		413,56	L/ano
Gasolina de mistura		187,20	L/ano
Gasóleo		893,02	L/ano
Papel de impressão		96,09	kg/ano
Resíduos orgânicos		175	kg/ano
Resíduos para reciclagem	Papel/cartão	126	kg/ano
	PE	70,14	kg/ano
	PET	20,04	kg/ano
	Plásticos mistos	10,02	kg/ano
	Vidro	126	kg/ano
Resíduos para incineração	Papel/cartão	307,12	kg/ano
	PE	401,71	kg/ano
	PET	114,77	kg/ano
	Plásticos mistos	57,39	kg/ano
	Restos de comida	97,61	kg/ano
	Vidro	101,61	kg/ano

### 3.5.4. Aplicação de uma metodologia de cálculo

Depois de determinar os limites organizacionais e operacionais, de efectuar a identificação das várias fontes de emissão e o seu enquadramento num determinado âmbito, de seleccionar os vários factores de emissão e de recolher os dados de actividade, é finalmente possível efectuar o cálculo das emissões de GEE utilizando uma determinada metodologia de cálculo.

O Protocolo de GEE disponibiliza metodologias de cálculo baseadas nas do 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 1996). No entanto, optou-se por utilizar as metodologias de cálculo presentes no 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 2006), na medida em que estas são as ferramentas de cálculo mais actuais.

Assim, nos pontos que se seguem, é efectuado o cálculo das emissões decorrentes das várias actividades da Quinta.

#### 3.5.4.1. Âmbito 1

As emissões de GEE resultantes da combustão de combustíveis fósseis por parte dos veículos pertencentes à Quinta, movidos a gasóleo e a gasolina, são calculadas a partir da Equação 1.

$$\text{Emissão}_{ai} = \text{Combustível}_a \times \text{Densidade}_a \times \text{FE}_{ai} \times \text{PCI}_a \quad [1]$$

Onde,

$\text{Emissão}_{ai}$  = Emissão do GEE  $i$  para o combustível  $a$ , sendo  $i$  = CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ou N<sub>2</sub>O (kg/ano)

$\text{Combustível}_a$  = Consumo do combustível  $a$  (L/ano)

$\text{Densidade}_a$  = Densidade do combustível  $a$  (kg/L)

$\text{FE}_{ai}$  = Factor de emissão padrão para o combustível  $a$  e para o gás  $i$  (kg/TJ)

$\text{PCI}_a$  = Poder Calorífico Inferior do combustível  $a$  (TJ/kg)

O factor de oxidação para o CO<sub>2</sub> admite-se igual a 1 (IPCC, 2006)

Os factores de emissão padrão e os valores relativos ao consumo da gasolina e do gasóleo estão presentes nas Tabelas 3 e 19, respectivamente. Quanto aos valores da densidade e do PCI, estes constam na Tabela 20.



**Tabela 20** Valores da densidade e do PCI associados à gasolina e ao gasóleo

Tipo de combustível	Densidade (kg/L)	Fonte	PCI (GJ/t)	Fonte
Gasolina	0,748	APA	44,8	APA
Gasóleo	0,837	APA	43,3	APA

No que concerne às emissões resultantes da utilização da caldeira da escola de educação ambiental, operada a gás natural, estas podem ser calculadas através da aplicação da Equação 2.

$$\text{Emissão}_i = \text{Combustível} \times \text{FE}_i \times \text{PCI} \quad [2]$$

Onde,

$\text{Emissão}_i$  = Emissão do GEE  $i$  para o gás natural, sendo  $i = \text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  ou  $\text{N}_2\text{O}$  (kg/ano)

Combustível = Consumo do gás natural ( $\text{m}^3/\text{ano}$ )

$\text{FE}_i$  = Factor de emissão padrão para o gás natural e o gás  $i$  (kg/TJ)

PCI = Poder Calorífico Inferior do gás natural ( $\text{GJ}/\text{Nm}^3 \times 10^3$ )

O factor de oxidação para o  $\text{CO}_2$  admite-se igual a 1 (IPCC, 2006)

Para o gás natural, os factores de emissão padrão e os valores relativos ao seu consumo anual estão presentes nas Tabelas 4 e 19, respectivamente. No que diz respeito ao PCI, este foi obtido através da consulta das facturas de consumo do gás natural consumido na Quinta durante o período de inventário, e o seu valor encontra-se na Tabela 21.

**Tabela 21** Valor do PCI associado ao gás natural

Tipo de combustível	PCI ( $\text{GJ}/\text{Nm}^3 \times 10^3$ )	Fonte
Gás natural	0,0421	Facturas de consumo

Relativamente ao tratamento dos resíduos orgânicos, as emissões anuais decorrentes desta actividade, foram calculadas através da aplicação da Equação 3.

$$\text{Emissão}_i = M \times \text{FE}_i \times 10^{-3} \quad [3]$$

Onde,

$\text{Emissão}_i$  = Emissão do GEE  $i$ , sendo  $i = \text{CH}_4$  ou  $\text{N}_2\text{O}$  (kg/ano)

$M$  = Massa de resíduo orgânico tratado por compostagem (kg/ano)

$\text{FE}_i$  = Factor de emissão para o gás  $i$  para a compostagem (g/kg resíduo)

Os valores relativos aos factores de emissão e à massa do resíduo compostado podem ser consultados nas Tabelas 5 e 19, respectivamente.

Por último, no que respeita ao âmbito 1, as emissões provenientes dos animais existentes na Quinta foram calculadas através da aplicação da Equação 4 para a fermentação entérica e da Equação 5 para a gestão de estrume.

$$\text{Emissão}_{FE} = FE_{T,FE} \times N_T \quad [4]$$

Onde,

Emissão = Emissão de CH<sub>4</sub> resultante da fermentação entérica (kg/ano)

FE<sub>T</sub> = Factor de emissão de CH<sub>4</sub> para a espécie animal T (kg/animal.ano)

N<sub>T</sub> = População para a espécie animal T

$$\text{Emissão}_{GE} = FE_{T,GE} \times N_T \quad [5]$$

Onde,

Emissão = Emissão de CH<sub>4</sub> resultante da gestão de estrume (kg/ano)

FE<sub>T</sub> = Factor de emissão de CH<sub>4</sub> para cada animal T (kg/animal.ano)

N<sub>T</sub> = População para a espécie animal T

Os factores de emissão estão presentes nas Tabelas 6 e 7 para a fermentação entérica e para a gestão de estrume, respectivamente, e no que respeita à população para cada espécie animal, esta consta da Tabela 19.

### 3.5.4.2. Âmbito 2

Relativamente ao consumo de energia eléctrica, o cálculo das emissões de GEE, foi feito através da aplicação da Equação 6.

$$\text{Emissão}_i = \text{Consumo de electricidade} \times FE_i \quad [6]$$

Onde,

Emissão<sub>i</sub> = Emissões do GEE i, sendo i = CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ou N<sub>2</sub>O (kg/ano)

Consumo de electricidade = Quantidade de electricidade adquirida pela Quinta (kWh/ano)

FE<sub>i</sub> = Factor de emissão para o gás i (kg/kWh)

Os factores de emissão associados a esta actividade, bem como o valor anual relativo ao seu consumo constam da Tabela 8 e 19, respectivamente.

### 3.5.4.3. Âmbito 3

No que concerne à energia eléctrica, no âmbito 2 foi efectuado o cálculo das emissões decorrentes do consumo de electricidade adquirida pela Quinta. No presente âmbito vai-se proceder ao cálculo das emissões associadas à produção de energia eléctrica, ou seja, associadas à extracção, processamento e transporte dos combustíveis usados na produção de energia eléctrica, permitindo assim, a contabilização das emissões totais associadas ao ciclo de vida da energia eléctrica, isto é, desde a sua extracção até ao seu consumo.

Assim, através da aplicação da Equação 6 acima mencionada, foi efectuado o cálculo das emissões indirectas relativas ao consumo de energia eléctrica, estando os valores associados aos factores de emissão e ao seu consumo anual nas Tabelas 9 e 19, respectivamente.

No que respeita à produção de combustíveis fósseis como o gás natural, a gasolina e o gasóleo, o cálculo das emissões de GEE foi feito através da aplicação da Equação 7 para o gás natural e da Equação 8 para a gasolina e gasóleo.

$$\text{Emissão}_i = \text{Combustível} \times \text{FE}_i \times \text{PCI} \quad [7]$$

Onde,

$\text{Emissão}_i$  = Emissão do GEE  $i$  para o gás natural, sendo  $i = \text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  ou  $\text{N}_2\text{O}$  (kg/ano)

Combustível = Consumo do gás natural ( $\text{m}^3/\text{ano}$ )

$\text{FE}_i$  = Factor de emissão padrão para o gás natural e o gás  $i$  (g/MJ)

PCI = Poder Calorífico Inferior do gás natural ( $\text{GJ}/\text{Nm}^3 \times 10^3$ )

Os valores respeitantes aos factores de emissão, ao consumo anual e ao valor de PCI referentes ao gás natural, constam nas Tabelas 10, 19 e 21, respectivamente.

$$\text{Emissão}_{ai} = \text{Combustível}_a \times \text{FE}_{ai} \quad [8]$$

Onde,

$\text{Emissão}_{ai}$  = Emissão do GEE  $i$  para o combustível  $a$ , sendo  $i = \text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  ou  $\text{N}_2\text{O}$  (kg/ano)

$\text{Combustível}_a$  = Consumo do combustível  $a$  (L/ano)

$\text{FE}_{ai}$  = Factor de emissão padrão para o combustível  $a$  para o gás  $i$  (g/kg)

Os factores de emissão e o consumo anual associados à gasolina e ao gasóleo constam da Tabela 10 e 19, respectivamente.

Relativamente à combustão e produção de gasolina de mistura, o cálculo das emissões de GEE foi realizado através da aplicação da Equação 1 e 9, respectivamente.

$$\text{Emissão}_i = \text{Combustível} \times \text{FE}_i \times \text{Densidade} \quad [9]$$

Onde,

$\text{Emissão}_i$  = Emissão do GEE  $i$  para a gasolina de mistura, sendo  $i$  = CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ou N<sub>2</sub>O (kg/ano)

Combustível = Consumo da gasolina de mistura (L/ano)

$\text{FE}_i$  = Factor de emissão padrão para a gasolina de mistura e para o gás  $i$  (g/kg)

Densidade = Densidade da gasolina de mistura (kg/L)

De notar que o valor da densidade foi calculado através da média ponderada de valores da gasolina (0,748 kg/L) e do óleo lubrificante (0,899 kg/L), tendo-se obtido o valor de 0,377 kg/L. Quanto aos factores de emissão e ao consumo anual de gasolina de mistura, estes valores podem ser consultados nas Tabelas 12 e 19, respectivamente.

No que concerne à incineração, pela análise da amostra de resíduos, verificou-se que 50% dos resíduos correspondem a plásticos, 30% correspondem a papel/cartão, 10% a vidro e 10% a restos de comida. Ainda pela análise da amostra, constatou-se que os plásticos são compostos por PE em 70%, por PET em 20% e por plásticos mistos em 10%.

O cálculo das emissões para os resíduos que seguem para a unidade incineradora da LIPOR foi realizado através da aplicação da Equação 10, e tem em conta as percentagens associadas a cada resíduo acima mencionadas.

De notar que o vidro que segue nos resíduos indiferenciados, é separado dos demais quando chega à LIPOR, pelo que não é incinerado. Desta forma, apesar de constar nos resíduos indiferenciados, vai-se contabilizar como resíduo que foi sujeito a separação e que segue para reciclagem.

$$\text{Emissão}_i = M \times \text{FE}_i \quad [10]$$

Onde,

$\text{Emissão}_i$  = Emissão de GEE  $i$ , sendo  $i$  = CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (kg/ano)

$M$  = Massa de resíduo tratado (kg/ano)

$\text{FE}_i$  = Factor de emissão para o GEE  $i$ , para cada tipo de resíduo (kg/kg de resíduo)

Os factores de emissão e a massa de resíduo decorrentes desta actividade, estão disponíveis nas Tabelas 13 e 19, respectivamente.

Para os resíduos sujeitos a separação, o cálculo das emissões resultantes desta actividade foi feito igualmente, através da aplicação da Equação 10, estando os valores respeitantes aos factores de emissão e à quantidade anual de resíduos sujeitos a reciclagem presentes nas Tabelas 14 e 19, respectivamente. De notar que foram consideradas as mesmas percentagens para os vários tipos de plásticos, isto é, 70% de PE (50% de PEAD e 50% de PEBD), 20% de PET e 10% de plásticos mistos.

Relativamente ao transporte dos resíduos para a LIPOR, quer os que são sujeitos a separação quer os indiferenciados, o cálculo das emissões associadas a esta actividade foi feito através da aplicação da Equação 11.

$$\text{Emissão}_i = \text{Distância} \times M \times \text{FE}_i \quad [11]$$

Onde,

$\text{Emissão}_i$  = Emissão de GEE  $i$ , sendo  $i$  = CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (kg/ano)

Distância = Distância percorrida entre a Quinta da Gruta e a LIPOR (km)

$M$  = Massa de resíduo tratado (kg/ano)

$\text{FE}_i$  = Factor de emissão para o GEE  $i$ , associado ao tipo de veículo de transporte (kg/tkm)

De notar que a distância percorrida pelo camião de recolha de lixo, entre a Quinta da Gruta e a LIPOR é de cerca de 7,2 km. Os valores associados aos factores de emissão para esta actividade constam da Tabela 15 a quantidade anual de resíduos indiferenciados e de resíduos sujeitos a separação constam da Tabela 19.

De referir que a metodologia descrita no Protocolo de GEE não contempla as emissões evitadas decorrentes da actividade de incineração e reciclagem dos resíduos produzidos na Quinta. No entanto, considera-se importante para o trabalho a realização de um segundo cenário de quantificação que contemple essas mesmas emissões, pelo que é apresentado em anexo (Anexo B) um segundo cenário de quantificação.

Relativamente ao tratamento da água residual existem dois tipos de emissões para o N<sub>2</sub>O, as directas e as indirectas. As directas ocorrem quando há fases de nitrificação/desnitrificação, e as indirectas ocorrem nos meios receptores dos efluentes. No presente caso de estudo, apenas se considerou as emissões indirectas, as quais foram calculadas através da aplicação da Equação 12.

$$\text{Emissão} = \text{Consumo} \times \text{Concentração N} \times \text{FE} \times 10^{-3} \quad [12]$$

Onde,

Emissão = Emissão anual de N<sub>2</sub>O (kg/ano)

Consumo = Consumo de água da Quinta (m<sup>3</sup>/ano)

Concentração N = Concentração de azoto total à saída da ETAR (mg N/L)

FE = Factor de emissão para as emissões indirectas de N<sub>2</sub>O (kg N<sub>2</sub>O-N/kg N)

De notar que não foi possível obter o valor de azoto total (N) presente no efluente à saída da ETAR, junto da ETAR de Parada, pelo que foi assumido que a ETAR cumpre a legislação em vigor (Decreto-Lei 236/98) e assim foi adoptado para a concentração o valor de 15 mg N/L. Os valores relativos aos factores de emissão e ao consumo de água podem ser consultados nas Tabelas 16 e 19, respectivamente.

Por último, o cálculo das emissões associadas à produção de papel foi realizado tendo em conta o ciclo de vida do mesmo, isto é, desde a produção da matéria-prima até à porta da fábrica, o qual pode ser feito através da aplicação da Equação 13.

$$\text{Emissão}_i = \text{Consumo}_{\text{papel}} \times \text{FE}_i \quad [13]$$

Onde,

Emissão<sub>i</sub> = Emissões do GEE i, sendo i = CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ou N<sub>2</sub>O (kg/ano)

Consumo<sub>papel</sub> = Quantidade de papel consumido na Quinta (kg/ano)

FE<sub>i</sub> = Factor de emissão para o gás i (kg/kg papel)

Relativamente aos factores de emissão e ao consumo anual de papel, estes valores constam nas Tabelas 17 e 19, respectivamente.

No que respeita às emissões associadas ao transporte do papel desde o revendedor até à Quinta da Gruta o seu cálculo foi feito através da aplicação da Equação 14, tendo sido considerada a distância de 344,3 km. No que respeita aos factores de emissão estes estão presentes nas Tabelas 18 e 19.

$$\text{Emissão}_i = \text{Distância} \times \text{Consumo}_{\text{papel}} \times \text{FE}_i \quad [14]$$

Onde,

Emissão<sub>i</sub> = Emissão de GEE i, sendo i = CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (kg/ano)

Distância = Distância percorrida entre a Quinta da Gruta e a LIPOR (km)

Consumo<sub>papel</sub> = Quantidade de papel consumido na Quinta (kg/ano)

FE<sub>i</sub> = Factor de emissão para o GEE i, associado ao tipo de veículo de transporte (kg/tkm)

## 4. Resultados e discussão

No presente capítulo, preceder-se-á à apresentação das emissões anuais em  $\text{kg}_{\text{GEE}}$  para cada actividade, através da aplicação das fórmulas descritas no ponto anterior. Posteriormente, fazer-se-á a apresentação dessas mesmas emissões mas em  $\text{kgCO}_2\text{e}$ , aplicando desta forma os PAG descritos anteriormente.

Na medida em que a aplicação da metodologia de cálculo está dividida por âmbitos de emissão, a apresentação dos resultados será estruturada da mesma forma. Assim, na Tabela 22 constam as emissões anuais para cada actividade do âmbito 1, em  $\text{kg}_{\text{GEE}}$ .

**Tabela 22** Emissões anuais para as actividades do âmbito 1, em  $\text{kg}_{\text{GEE}}$

Actividade	GEE	Emissões ( $\text{kg}_{\text{GEE}}/\text{ano}$ )
Combustão de gasolina	$\text{CO}_2$	9,574E+02
	$\text{CH}_4$	3,454E-01
	$\text{N}_2\text{O}$	1,105E-01
Combustão de gasóleo	$\text{CO}_2$	2,398E+03
	$\text{CH}_4$	1,262E-01
	$\text{N}_2\text{O}$	1,262E-01
Combustão de gás natural	$\text{CO}_2$	1,668E+04
	$\text{CH}_4$	1,487E+00
	$\text{N}_2\text{O}$	2,973E-02
Tratamento biológico de resíduos	$\text{CH}_4$	7,000E-01
	$\text{N}_2\text{O}$	5,250E-02
Animais	$\text{CH}_{4,\text{FE}}$	3,700E+01
	$\text{CH}_{4,\text{GE}}$	3,940E+01

Na Tabela 23 estão descritas as emissões anuais, em  $\text{kg}_{\text{GEE}}$ , associadas ao consumo de energia eléctrica na Quinta.

**Tabela 23** Emissões anuais para a actividade do âmbito 2, em  $\text{kg}_{\text{GEE}}$

Actividade	GEE	Emissões ( $\text{kg}_{\text{GEE}}/\text{ano}$ )
Consumo de energia eléctrica	$\text{CO}_2$	6,493E+04
	$\text{CH}_4$	5,663E+00
	$\text{N}_2\text{O}$	1,177E+00

Como o âmbito 3 tem várias actividades associadas, optou-se por dividir a informação relativa às emissões para este âmbito em três tabelas, de forma a que a apresentação dos resultados seja mais perceptível.

Assim, na Tabela 24 estão descritos os valores das emissões anuais, em kgGEE, para a produção de energia eléctrica, para a produção de combustíveis fósseis, designadamente, o gás natural, a gasolina e o gasóleo, para o consumo e produção de gasolina de mistura e, por último, para o transporte e produção do papel de impressão e de escrita.

**Tabela 24** Emissões totais anuais para as actividades do âmbito 3, em kg<sub>GEE</sub>

Actividade		GEE	Emissões (kg/ano)
Produção de energia eléctrica		CO <sub>2</sub>	1,635E+04
		CH <sub>4</sub>	1,224E+02
		N <sub>2</sub> O	1,392E+00
		SF <sub>6</sub>	2,587E-01
Produção de combustíveis fósseis	Gás natural	CO <sub>2</sub>	2,063E+03
		CH <sub>4</sub>	8,681E+01
		N <sub>2</sub> O	2,717E-02
	Gasolina	CO <sub>2</sub>	1,823E+02
		CH <sub>4</sub>	5,921E-01
		N <sub>2</sub> O	2,174E-03
	Gasóleo	CO <sub>2</sub>	2,863E+02
		CH <sub>4</sub>	1,278E+00
		N <sub>2</sub> O	4,036E-03
Combustão e produção de gasolina de mistura	Consumo	CO <sub>2</sub>	1,041E+02
		CH <sub>4</sub>	5,396E-01
		N <sub>2</sub> O	1,199E-03
	Produção	CO <sub>2</sub>	1,915E+01
		CH <sub>4</sub>	6,222E-02
		N <sub>2</sub> O	2,285E-04
		SF <sub>6</sub>	2,119E-09
Transporte e produção de papel	Produção	CO <sub>2</sub>	6,757E+01
		CH <sub>4</sub>	2,028E-01
		N <sub>2</sub> O	8,125E-03
		SF <sub>6</sub>	4,065E-06
	Transporte	CO <sub>2</sub>	3,023E+01
		CH <sub>4</sub>	2,505E-03
		N <sub>2</sub> O	9,936E-04



Na Tabelas 25 constam, para os vários tipos de resíduos sólidos sujeitos a incineração, os valores das emissões anuais, em kg<sub>GEE</sub>, bem como as emissões associadas ao transporte dos mesmos.

**Tabela 25** Emissões anuais associadas ao transporte e tratamento de resíduos incinerados, em kg<sub>GEE</sub>

Actividade	GEE	Emissões (kg/ano)
Tratamento	Cartão	CO <sub>2</sub> 4,277E+00
		CH <sub>4</sub> 9,033E-03
		N <sub>2</sub> O 5,362E-03
		SF <sub>6</sub> 1,132E-07
	PE	CO <sub>2</sub> 1,201E+03
		CH <sub>4</sub> 9,801E-03
		N <sub>2</sub> O 2,245E-03
		SF <sub>6</sub> 1,029E-07
	PET	CO <sub>2</sub> 2,318E+02
		CH <sub>4</sub> 3,017E-03
		N <sub>2</sub> O 3,144E-03
		SF <sub>6</sub> 1,884E-08
	Plásticos mistos	CO <sub>2</sub> 1,338E+02
		CH <sub>4</sub> 3,611E-03
		N <sub>2</sub> O 1,522E-03
		SF <sub>6</sub> 1,396E-07
	Restos de comida	CO <sub>2</sub> 2,154E+00
		CH <sub>4</sub> 3,343E-03
		N <sub>2</sub> O 1,232E-03
		SF <sub>6</sub> 4,692E-08
Transporte		CO <sub>2</sub> 3,477E+01
		CH <sub>4</sub> 3,662E-02
		N <sub>2</sub> O 1,573E-03
		SF <sub>6</sub> 5,921E-08

Para os resíduos sólidos sujeitos a separação e que seguem para a reciclagem, os valores associados às suas emissões anuais, em kg<sub>GEE</sub>, e ao seu transporte, estão descritos na Tabela 26.

**Tabela 26** Emissões anuais associadas ao transporte e tratamento de resíduos reciclados, em kg<sub>GEE</sub>

Actividade		GEE	Emissões (kg/ano)
Tratamento	Cartão	CO <sub>2</sub>	1,749E+02
		CH <sub>4</sub>	3,538E-01
		N <sub>2</sub> O	1,176E-02
		SF <sub>6</sub>	5,352E-06
	PEAD	CO <sub>2</sub>	8,275E+01
		CH <sub>4</sub>	1,933E-02
		N <sub>2</sub> O	1,045E-03
		SF <sub>6</sub>	1,843E-06
	PEBD	CO <sub>2</sub>	4,962E+01
		CH <sub>4</sub>	2,414E-02
		N <sub>2</sub> O	6,618E-04
		SF <sub>6</sub>	2,302E-06
	PET	CO <sub>2</sub>	4,544E+01
		CH <sub>4</sub>	3,353E-02
		N <sub>2</sub> O	7,090E-04
		SF <sub>6</sub>	3,198E-06
	Plásticos mistos	CO <sub>2</sub>	2,768E+01
		CH <sub>4</sub>	5,522E-03
		N <sub>2</sub> O	3,424E-04
		SF <sub>6</sub>	5,265E-07
	Vidro	CO <sub>2</sub>	1,734E+02
		CH <sub>4</sub>	3,014E-01
		N <sub>2</sub> O	8,768E-03
		SF <sub>6</sub>	5,381E-06
Transporte		CO <sub>2</sub>	1,255E+01
		CH <sub>4</sub>	1,321E-02
		N <sub>2</sub> O	5,674E-04
		SF <sub>6</sub>	2,136E-08

De forma a obterem-se os resultados anuais em kgCO<sub>2</sub>e, aplicaram-se aos valores descritos nas Tabelas 22, 23, 24, 25 e 26 os PAG presentes na Tabela 1 do capítulo 1. Assim, na Tabela 27 constam, para cada actividade, as emissões totais anuais em kg CO<sub>2</sub>e.

**Tabela 27** Emissões totais anuais por actividade, em kg CO<sub>2</sub>e

<b>Actividade</b>	<b>Emissões (kg CO<sub>2</sub>e/ano)</b>
<b>Combustão de combustíveis fósseis em veículos</b>	<b>3438</b>
<b>pertencentes à Quinta:</b>	
Gasolina	999
Gasóleo	2439
<b>Combustão de combustíveis fósseis em equipamento</b>	<b>16725</b>
<b>estacionário:</b>	
Gás natural	16725
<b>Tratamento biológico de resíduos</b>	<b>33</b>
<b>Animais</b>	<b>1910</b>
<b>Total âmbito 1 =</b>	<b>22106</b>
<b>Consumo de energia eléctrica</b>	<b>65420</b>
<b>Total âmbito 2 =</b>	<b>65420</b>
<b>Produção de energia eléctrica</b>	<b>25723</b>
<b>Produção de combustíveis fósseis:</b>	<b>4759</b>
Gás natural	4242
Gasolina	198
Gasóleo	319
<b>Combustão e produção de gasolina de mistura:</b>	<b>139</b>
Consumo de gasolina de mistura	118
Produção de gasolina de mistura	21
<b>Transporte e tratamento dos resíduos sólidos:</b>	<b>2207</b>
Incineração	1578
Transporte resíduos indiferenciados	36
Reciclagem	580
Transporte resíduos sujeitos a separação	13
<b>Tratamento de águas residuais</b>	<b>25</b>
<b>Transporte e produção de papel:</b>	<b>106</b>
Produção de papel	75
Transporte do papel	31
<b>Total âmbito 3 =</b>	<b>32958</b>

Assim, pela análise da Tabela 27, verifica-se que somando os valores totais anuais associados a cada âmbito, obtêm-se para a pegada de carbono da Quinta, o valor de 120484 kgCO<sub>2</sub>e.

Na Tabela 28 constam as emissões associadas à incineração e à reciclagem para cada tipo de resíduo, em kgCO<sub>2</sub>e, de forma a discriminar essas mesmas emissões.

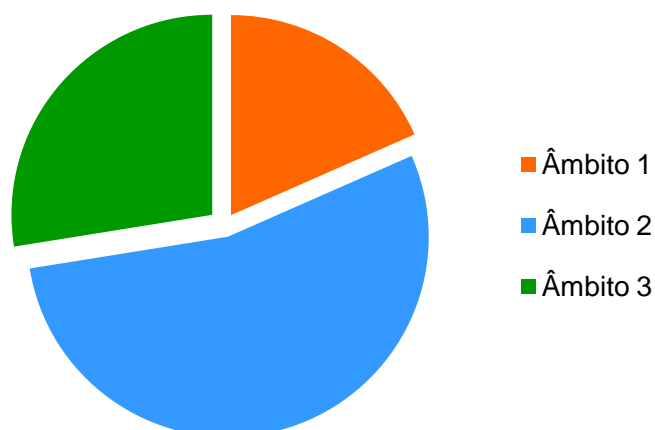
**Tabela 28** Emissões totais anuais para cada tipo de resíduo, consoante o tipo de tratamento a que foi sujeito, em kg CO<sub>2</sub>e

Actividade	Emissões (kg CO <sub>2</sub> e/ano)
<b>Incineração:</b>	<b>1578</b>
Papel/cartão	6
PE	1202
PET	233
Plásticos mistos	134
Restos de comida	3
<b>Reciclagem:</b>	<b>580</b>
Papel/cartão	187
PEAD	84
PEBD	50
PET	47
PP	28
Vidro	184

Nos itens que se seguem, serão apresentadas análises gráficas relativas às emissões anuais, em kgCO<sub>2</sub>e, acima descritas, de forma a permitir uma melhor percepção do contributo que cada actividade tem na pegada de carbono.

## 4.1. Resultados por âmbito de estudo

De forma a perceber a contribuição de cada âmbito nas emissões anuais de GEE decorrentes das actividades da Quinta da Gruta, na Figura 5, constam as emissões totais anuais em kg de CO<sub>2</sub>e para cada âmbito.

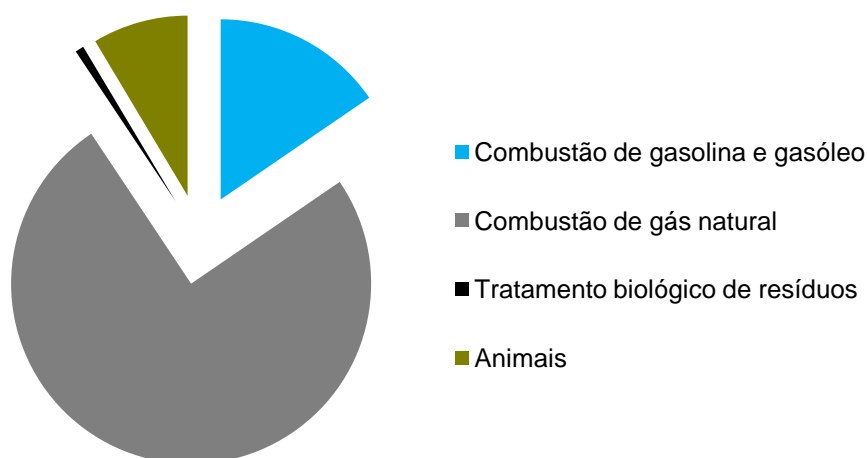


**Figura 5** Emissões anuais por âmbito de actividade, em kg CO<sub>2</sub>e

Assim, pela análise da Figura 5, pode-se constatar que o âmbito 2, consumo de energia eléctrica, é o que mais contribui para a pegada de carbono da Quinta, com uma contribuição de 54%, seguindo-se o âmbito 3 com 28% e, por último, o âmbito 1 com uma contribuição de 18%.

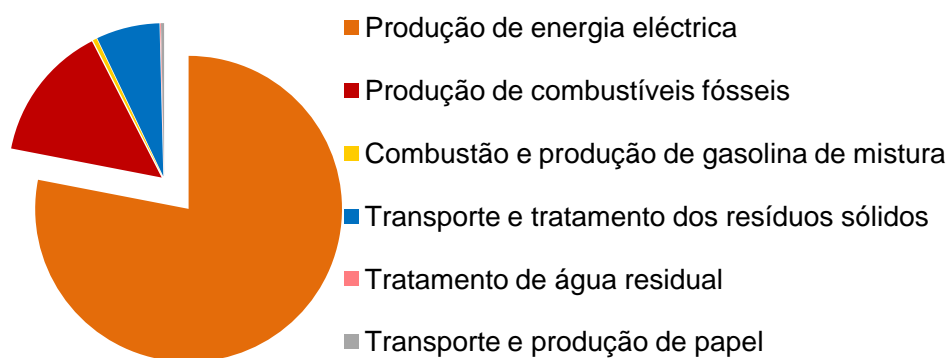
## 4.2. Resultados por actividade por âmbito de estudo

No sentido de se depreender qual a actividade que mais contribui para as emissões de GEE em cada âmbito de estudo, estão descritas nas Figuras 5 e 6 as emissões totais anuais em kgCO<sub>2</sub>e por cada actividade inserida no âmbito 1 e no âmbito 3, respectivamente.



**Figura 6** Emissões anuais por actividade para o âmbito 1, em kgCO<sub>2</sub>e

No que respeita às actividades inseridas no âmbito 1, é possível verificar pela análise da Figura 6 que a combustão de gás natural, decorrente da utilização da caldeira existente na escola de educação ambiental, é a actividade que mais contribui para as emissões de anuais de GEE, representando, uma contribuição anual de 75%, seguindo-se a combustão de gasolina e gasóleo, associada às deslocações dos colaboradores nos veículos pertencentes à Quinta com 16%, seguindo-se a contribuição dos animais e do tratamento biológico com 9% e 0%, respectivamente.

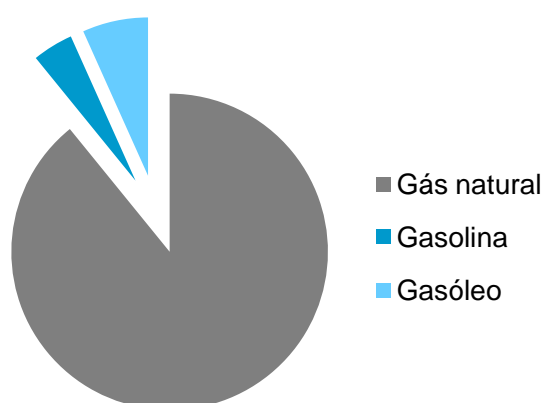


**Figura 7** Emissões anuais por actividade para o âmbito 3, em kg CO<sub>2</sub>e

Relativamente às actividades inseridas no âmbito 3, verifica-se que a actividade que mais contribui para as emissões anuais está associada à produção de energia eléctrica, com a percentagem de 78%, tendo as restantes actividades contribuições pouco significativas, designadamente a produção de combustíveis fósseis com 14%, o transporte e tratamento dos resíduos sólidos com 7%, e por último, a combustão e produção de gasolina de mistura, o tratamento de água residual e o transporte e produção de papel de impressão e escrita, com contribuições na ordem dos 0%.

De referir que não será apresentada uma figura para o âmbito 2, na medida em que este âmbito restringe-se apenas a uma actividade, o consumo de energia eléctrica.

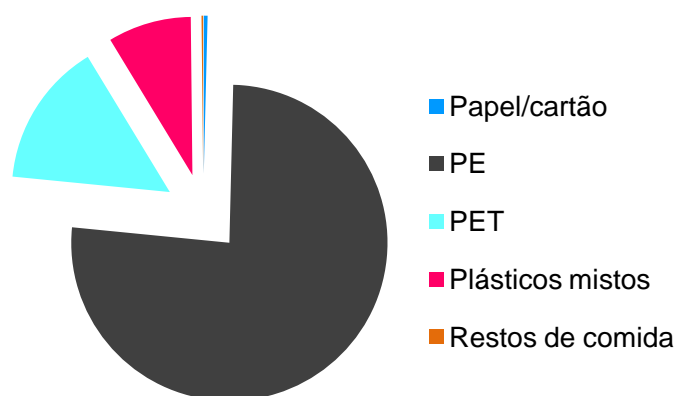
Analisando ainda a Figura 6, verifica-se que a combustão de gás natural é a actividade que mais contribui para as emissões anuais no âmbito 1, o que vem explicar o facto da produção de combustíveis fósseis ser a segunda actividade, no âmbito 3, com maiores emissões anuais associadas, cabendo assim ao gás natural a maior contribuição ao nível das emissões, 89%, seguindo-se o gasóleo com 7% e a gasolina com 4%, tal como se pode constatar na Figura 8.



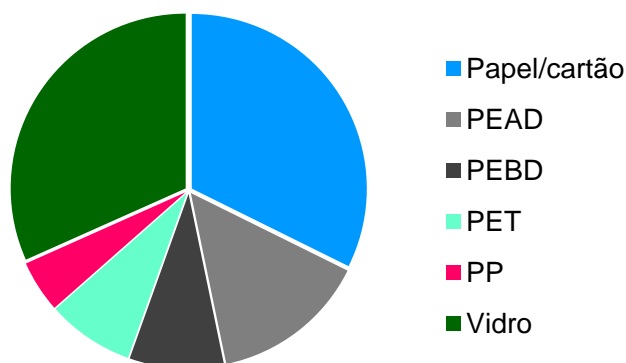
**Figura 8** Emissões anuais associadas à produção de combustíveis fósseis, em kgCO<sub>2</sub>e

No que respeita ainda ao âmbito 3, o transporte e tratamento de resíduos nas emissões totais anuais tem uma contribuição relativamente significativa pelo que merece uma análise mais detalhada.

Desta forma, na Figuras 9 e 10 encontram-se as contribuições anuais associadas a cada tipologia de resíduo para a incineração e para a reciclagem, respectivamente.



**Figura 9** Emissões anuais associadas à incineração por tipo de resíduo, em kgCO<sub>2</sub>e



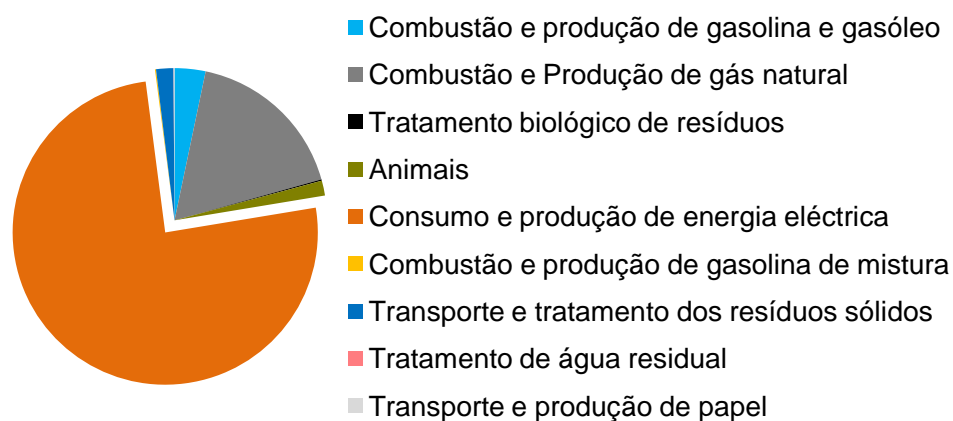
**Figura 10** Emissões anuais associadas à reciclagem por tipo de resíduo, em kgCO<sub>2</sub>e

Pela análise das Figuras 9 e 10, pode-se concluir que na incineração os plásticos PE são os que mais contribuem para as emissões anuais resultantes desta actividade com 76%, e no que diz respeito à reciclagem, o papel e o vidro são os que mais contribuem, com 32% cada. Relativamente à significativa contribuição do vidro para as emissões totais anuais associadas à reciclagem, esta pode ser explicada pela grande quantidade de vidro gerado na Quinta (227,61 kg/ano).

### 4.3. Resultados por actividade

No presente ponto, pretende-se fazer uma análise gráfica por actividade. No entanto, optou-se por agrupar algumas actividades de forma a tornar mais perceptível a sua contribuição nas emissões totais anuais. Assim, agruparam-se actividades como a combustão e produção de gasolina e gasóleo, a combustão e produção de gás natural, o consumo e produção de energia eléctrica, e a combustão e produção de gasolina de mistura. Desta forma, na Figura 11, constam os valores anuais em kgCO<sub>2</sub>e associados às actividades agrupadas, acima referidas, bem como ao tratamento biológico de resíduos, aos animais, ao transporte e tratamento de resíduos sólidos, ao tratamento de água residual e ao transporte e produção de papel.





**Figura 11** Emissões anuais totais para cada actividade, em kgCO<sub>2</sub>

Pela análise da Figura 11, verifica-se que a maior fonte de emissões corresponde ao consumo e produção de energia eléctrica, com 76%, sendo a combustão e produção de gás natural em equipamento estacionário, a caldeira, a segunda maior fonte de emissões, com 17%, o que vem corroborar o que já foi mencionado nas análises gráficas anteriores.



## 5. Identificação de um plano de acção para a redução da pegada

No capítulo anterior identificaram-se as fontes de emissão que mais contribuíam para as emissões de GEE associadas à actividade da Quinta e no presente capítulo, pretende-se identificar medidas de redução das emissões de GEE para essas mesmas actividades, contribuindo consequentemente, para a redução da pegada de carbono da Quinta da Gruta.

Assim, estimaram-se oportunidades de redução para as emissões resultantes da actividade da Quinta, relativas às emissões do ano base.

### 5.1. Definição de projectos de redução

Pela análise do capítulo anterior é possível verificar que de todas as actividades descritas, o consumo e produção de energia eléctrica (91143 kgCO<sub>2</sub>e/ano), bem como a combustão e produção de gás natural (20967 kgCO<sub>2</sub>e/ano) são as actividades que mais contribuem para a pegada de carbono da Quinta com a percentagem de 76% e de 17%, respectivamente, resultando em conjunto na percentagem de 93%, relativamente à pegada de carbono total (120484 kgCO<sub>2</sub>e/ano).

Desta forma, foi feita uma análise à realidade da Quinta de forma a identificar possíveis oportunidades de redução para o consumo de energia eléctrica e de gás natural.

No que diz respeito ao consumo da energia eléctrica, contabilizaram-se as lâmpadas existentes na Quinta e identificaram-se os consumos decorrentes de cada lâmpada, através da utilização da Equação 15.

O número de lâmpadas, a potência associada a cada lâmpada e o consumo anual decorrente da utilização das mesmas, encontram-se na Tabela 29.

$$\text{Consumo} = P \times H \times D \times 10^{-3} \quad [15]$$

Onde,

Consumo = Consumo de energia eléctrica, em kWh/ano

P = Potência do aparelho eléctrico em Watts (W)

H = Número de horas que o aparelho eléctrico funciona por dia (n.º horas/dia)

D = Número de dias que o aparelho funciona por ano (n.º dias/ano)

**Tabela 29** Consumos anuais decorrentes da iluminação

Localização	Nº de lâmpadas	Potência (W)	Consumo (kWh/ano)
Palacete	47	50	4738
Escola de educação ambiental	158	18	2867
Anfiteatro	8	150	151
Exterior (inseridas no chão)	27	18	2100
Exterior (candeeiros)	24	70	7258

De notar que para o palacete, admitiu-se o funcionamento das lâmpadas durante 8 horas por dia, em 21 dias por mês, durante 12 meses; para a escola de educação ambiental, admitiu-se o funcionamento das lâmpadas durante 4 horas por dia, em 21 dias por mês, em 12 meses; para o anfiteatro, admite-se o funcionamento das lâmpadas durante 0,5 horas por dia, em 21 dias por mês, em 12 meses; para as lâmpadas exteriores, admite-se o seu funcionamento durante 12 horas por dia, em 30 dias por mês, em 12 meses.

Analisando os valores presentes na Tabela 29, verifica-se que as lâmpadas localizadas no palacete e no exterior (candeeiros) são as que mais contribuem para os consumos anuais com 4737,60 kWh/ano e 7257,60 kWh/ano, respectivamente.

Assim, identificaram-se algumas medidas no sentido de se reduzir o consumo de energia eléctrica decorrente da iluminação dos espaços da Quinta, designadamente:

- I. Substituição das lâmpadas de 50W, existentes no palacete, por lâmpadas de 11W;
- II. Redução nas horas de utilização das lâmpadas existentes no palacete em 1 hora por dia;
- III. Desligar 1 por cada 2 candeeiros localizados nos espaços exteriores ou equacionar a instalação de sensores de movimentos nos mesmos, estimando-se com esta medida, uma redução de pelo menos 50% da energia utilizada pelos candeeiros exteriores.

Aplicando as medidas acima descritas, obtiveram-se os valores presentes na Tabela 30.

**Tabela 30** Consumos ao nível da iluminação resultantes das medidas de redução

Localização	Consumo (kWh/ano)
Palacete	911,99
Exterior (candeeiros)	3628,80

Analisando a Tabela 30, pode-se constatar que com a adopção das medidas acima descritas, vai-se verificar uma redução no consumo anual decorrente da iluminação de 7454 kWh, reflectindo-se numa redução anual de 4405 kgCO<sub>2</sub>e.

Quanto às lâmpadas existentes no exterior que estão inseridas no chão, bem como as lâmpadas existentes na escola de educação ambiental, não serão sugeridas medidas de redução para os consumos destas, na medida em que estão já são lâmpadas de baixo consumo e por conseguinte, não representam um contributo significativo no consumo anual referente à iluminação. Por outro lado, apesar das lâmpadas existentes no anfiteatro da escola de educação ambiental serem de potência elevada, não serão igualmente sugeridas medidas de redução para o consumo destas lâmpadas dado que o seu tempo de utilização (0,5h/dia) é considerado bastante reduzido e por conseguinte, o seu consumo também não representa um contributo significativo no consumo anual relativo à iluminação.

A utilização dos computadores existentes na Quinta, foi outra actividade que se considerou susceptível de consumir quantidades significativas de energia eléctrica, pelo que, à semelhança das lâmpadas, contabilizaram-se os computadores e identificaram-se os consumos decorrentes destes, através da utilização da Equação 15 anteriormente descrita.

Existem 8 computadores localizados na Quinta com uma potência associada de 405 W, pelo que o consumo anual decorrente da utilização destes é de 6259,68 kWh, admitindo o seu funcionamento durante 8 horas por dia, em 21 dias por mês durante todos os meses do ano, à excepção do mês de Agosto, mês em que uma boa parte dos colaboradores da Quinta gozam férias e no qual se admitiu o funcionamento de apenas 4 computadores.

Dado que os computadores existentes na Quinta são a principal ferramenta de trabalho da maioria dos colaboradores, admitiu-se que a única medida de redução plausível seria a de desligar o aparelho durante o horário de almoço, isto é, durante 1,5 horas, permitindo assim um consumo anual de 5085,99 kWh, o que permite uma redução no consumo de 1173,69 kWh/ano e uma redução anual de 693,62 kgCO<sub>2</sub>e.

Ainda no âmbito do consumo de energia eléctrica, foi considerado o sistema de ar condicionado, o qual permite a climatização do palacete. Assim, contabilizaram-se as unidades interiores existentes e identificou-se o consumo associado ao funcionamento destas, através da aplicação da Equação 15.

No total, foram contabilizados 13 unidades interiores de calor, distribuídas pelas várias divisões do palacete, e às quais está associada uma potência de 103,5 W. No entanto, há que fazer notar que apenas 5 das unidades interiores existentes são utilizadas, na medida em que apenas 5 se encontram próximas das zonas de trabalho dos 4 colaboradores que desenvolvem actividade neste local. Assim, admitindo que os permutadores funcionam durante 5h por dia, em 21 dias por mês, ao longo de 8 meses por ano, obteve-se um consumo anual de 435 kWh.

Além das unidades interiores, o sistema de ar condicionado é ainda constituído por uma unidade exterior, da qual depende todo o sistema e cuja potência associada é de 37000 W. No entanto, há que notar que a unidade exterior, apesar de se encontrar continuamente ligada, apenas tem um consumo associado de 37000 W se as unidades interiores forem accionadas, tendo associada ao restante tempo uma potência mínima funcionamento de 4070 W. Desta forma, terá que se considerar dois cenários para quantificação do consumo anual relativo a este aparelho. Assim, para o cenário em que a unidade exterior consome 37000 W, admite-se o seu funcionamento durante 5h por dia, em 21 dias por mês, durante 8 meses por ano, pelo que aplicando a Equação 15 verifica-se que o seu consumo anual é de 31080 kWh. Para o cenário em que a unidade exterior tem associada uma potência mínima de funcionamento, admite-se que esta funciona durante 24h por dia, em 30 dias por mês, ao longo de todo o ano, o que leva a um consumo anual de 35165 kWh, através, novamente, da aplicação da Equação 15.

Na medida em que os ambientes de trabalho devem estar devidamente climatizados, admite-se que a medida de redução mais aceitável seria a redução do número de horas de utilização do sistema de ar condicionado. Assim, fixou-se a redução do número de horas de utilização em 2h diárias, o que levaria a uma redução anual de 12606 kWh que equivale a 7450 kgCO<sub>2</sub>e/ano. Propõe-se ainda a realização de um estudo no sentido de se determinar o isolamento térmico do Palacete, de forma a que futuramente as horas de utilização do sistema de ar condicionado sejam, se possível, ainda mais reduzidas.

Assim, de uma forma geral, com a adopção das medidas anteriormente propostas para a energia eléctrica, verifica-se uma redução anual no consumo de 21234 kWh, o que leva a

uma redução ao nível das emissões anuais totais associadas ao consumo e produção de electricidade de 18448 kgCO<sub>2</sub>e.

Relativamente ao consumo do gás natural, tal como foi anteriormente referido, este é utilizado para o aquecimento da escola de educação ambiental, no entanto, verificou-se que apesar do elevado consumo anual de gás natural, o aquecimento da escola não era muito eficaz.

Por conseguinte, a medida de redução para esta actividade prende-se com a realização de uma auditoria de eficiência e identificação de fugas, estimando-se com a aplicação da mesma, e com um uso racional deste combustível fóssil por parte dos colaboradores da Quinta, uma redução de 50%, o que leva a uma redução anual de 10483,46 kgCO<sub>2</sub>e.

De referir que a selecção das actividades sujeitas a medidas de redução teve como base a percentagem de contribuição das actividades nas emissões totais associadas à actividade da Quinta, descritas no capítulo anterior e que apontavam como actividades mais críticas o consumo e produção de energia eléctrica e a combustão e produção de gás natural.

Ao nível das medidas de redução para a produção de energia eléctrica, apenas se consideraram susceptíveis de redução os consumos relativos à iluminação, ao sistema de ar condicionado e à utilização dos computadores, dado que estas fontes de consumo são as mais susceptíveis de terem um peso significativo no consumo anual. Assim, tendo em conta as medidas de redução apresentadas, encontram-se na Tabela 31 os valores para as emissões totais anuais em kgCO<sub>2</sub>e.

**Tabela 31** Emissões totais anuais resultantes do plano de redução, em kgCO<sub>2</sub>e

<b>Actividade</b>	<b>Emissões (kg CO<sub>2</sub>e/ano)</b>
Combustão e produção de gasolina e gasóleo	3955
Combustão e produção de gás natural	10483
Tratamento biológico de resíduos	33
Animais	1910
Consumo e produção de energia eléctrica	72695
Combustão e produção de gasolina de mistura	139
Transporte e tratamento dos resíduos sólidos	2207
Tratamento de águas residuais	25
Transporte e produção de papel	106
<b>Total =</b>	<b>91553</b>

Pela análise da Tabela 31, pode-se constatar que a aplicação das medidas anteriormente descritas levará uma redução na ordem dos 20% para o consumo e produção de energia eléctrica e na ordem dos 50% para a combustão e produção de gás natural.



## 6. Identificação de um plano de acção para a compensação da pegada

No presente capítulo pretende-se compensar as emissões totais anuais que não foram passíveis de reduzir no capítulo anterior, através da adopção de um projecto de plantação de árvores que irá permitir remover o equivalente em CO<sub>2</sub> emitido para a atmosfera.

O projecto de compensação através da plantação de árvores foi sugerido pela CMM, tendo sido definido o Parque de Avioso – S. Pedro, situado no Concelho da Maia, Freguesia de São Pedro de Avioso, como o local onde ocorreria o projecto.

O Parque de Avioso desenvolve-se num terreno com cerca de 30 hectares, no qual se articulam diversos espaços e edifícios, inserindo-se num corredor verde que atravessa longitudinalmente todo o Concelho da Maia. Este é um espaço que privilegia a educação ambiental, e onde se desenvolvem algumas das actividades promovidas pela Quinta da Gruta, nomeadamente eco-papers e acções de reflorestação com espécies autóctones.

Assim, optou-se por realizar um projecto de plantação de árvores para compensar as emissões totais anuais. Como tal, foi necessário determinar o incremento de carbono devido ao crescimento da biomassa florestal, numa determinada área florestal para uma determinada espécie.

As espécies consideradas no presente estudo foram o *Pinus pinaster*, vulgo pinheiro-bravo, *Pinus pinea*, vulgo pinheiro-manso, *Eucalyptus*, vulgo eucalipto, *Quercus faginea*, vulgo carvalho-português e a *Castanea sativa*, vulgo castanheiro, dado que estas são espécies representativas das áreas florestais a norte de Portugal.

O incremento de carbono devido ao crescimento da biomassa aérea e radicular, para as espécies florestais acima consideradas, foi calculado através da aplicação das Equações 16, 17 e 18 e dos valores presentes nas Tabelas 32 e 33, as quais se baseiam na metodologia de cálculo apresentada pelo NIR (NIR, 2010).

$$\Delta CFF_G = \sum_i (A_i \cdot G_{TOTALi}) \cdot CF_i \quad [16]$$

Onde,

$\Delta CFF_G$  = Aumento anual nos stocks de carbono devido ao incremento da biomassa em áreas florestais por tipo de floresta (i), tCano<sup>-1</sup>;

$A_i$  = Área florestal por tipo de floresta (i), há

$G_{TOTALi}$  = Taxa de incremento médio anual em biomassa total em unidades de matéria seca, por tipo de floresta, t dm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>;

$CF_i$  = Fracção de carbono da matéria seca por tipo de floresta, t C /t m.s.

$$G_{TOTALi} = G_W \cdot (1 + R) \quad [17]$$

Onde,

$G_W$  = Incremento médio anual de biomassa acima do solo, t m.s. ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>;

R = Root-to-shoot ratio

$$G_W = IV \cdot BEF \quad [18]$$

Onde,

IV = Taxa média de crescimento líquido anual, m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>;

BEF = Factor de expansão da biomassa para a biomassa acima do solo (t m.s. m<sup>-3</sup>)

**Tabela 32** Parâmetros utilizados no cálculo do incremento florestal

Espécie	Taxa média de crescimento líquido (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	Factor de Conversão da Biomassa		Root-shot ratio	Teor de C na madeira
		Biomassa acima do solo (t ms.m <sup>3</sup> )	Biomassa total		
<i>Pinus pinaster</i>	5,6	0,52	0,69	0,320	0,51
<i>Pinus pinea</i>	5,6	1,26	1,66	0,320	0,51
<i>Eucalyptus</i>	9,5	0,615	0,77	0,249	0,48
<i>Quercus faginea</i>	0,5	0,57	0,82	0,430	0,48
<i>Castanea sativa</i>	2,9	0,57	0,82	0,430	0,48

Fonte: Adoptado do NIR

Aplicando as fórmulas e os valores acima considerados para as diferentes espécies, obtém-se para a área de 1ha, o incremento de carbono presente na Tabela 33.

**Tabela 33** Incremento do carbono para as espécies florestais consideradas

Espécie	$G_W$ (t m.s. ha-1.ano-1)	$G_{TOTAL}$ (t m.s. ha-1.ano-1)	$\Delta CFF_G$ (tC.ano <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup> )
<i>Pinus pinaster</i>	2,91	3,84	1,96
<i>Pinus pinea</i>	7,06	9,31	4,75
<i>Eucalyptus</i>	5,84	7,30	3,50
<i>Quercus faginea</i>	0,29	0,41	0,20
<i>Castanea sativa</i>	1,65	2,36	1,13

De forma a obter-se o incremento em tCO<sub>2</sub>.ano<sup>-1</sup>, usou-se um factor de conversão da massa de carbono (C) para a massa de CO<sub>2</sub> (FC<sub>CO2</sub>), e que corresponde à razão entre o peso molecular do CO<sub>2</sub> (2x16,00+12 = 44,00) e a massa atómica do C (12,00). Sendo FC<sub>CO2</sub>= 3,67, o incremento em tCO<sub>2</sub>.ano<sup>-1</sup> para as diferentes espécies, consta na Tabela 34.

**Tabela 34** Incremento do CO<sub>2</sub> para as espécies florestais consideradas

Espécie	$\Delta CFF_G$ (tCO <sub>2</sub> .ano <sup>-1</sup> )
<i>Pinus pinaster</i>	7,19
<i>Pinus pinea</i>	17,42
<i>Eucalyptus</i>	12,84
<i>Quercus faginea</i>	0,72
<i>Castanea sativa</i>	4,16

Assim, tendo em conta que a pegada de carbono associada à Quinta para o período de inventário, considerando a adopção das medidas de redução, é de 91553 kg CO<sub>2</sub>e/ano, na Tabela 35 encontram-se os valores em termos de área, para as várias espécies descritas, necessários para compensar a pegada de carbono.

**Tabela 35** Área necessária para cada espécie, para compensar a pegada de carbono

Espécie	Área (ha)
<i>Pinus pinaster</i>	13
<i>Pinus pinea</i>	5
<i>Eucalyptus</i>	7
<i>Quercus faginea</i>	128
<i>Castanea sativa</i>	22

Analisando a Tabela 35 é possível verificar que a espécie que necessita de menos área para compensar as emissões de CO<sub>2</sub>e, é o *Pinus pinea*, o que pode ser explicado pelo facto desta espécie possuir, de entre todas, o valor de biomassa total mais elevado (1,66 t ms.m<sup>3</sup>). Por outro lado, o *Eucalyptus*, a segunda espécie que necessita de menos área para compensar as emissões, apesar de não apresentar um valor tão elevado de biomassa total (0,77 t ms.m<sup>3</sup>), apresenta, de entre todas as espécies, o valor mais elevado para a taxa média de crescimento líquido (9,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>), o que leva a que esta espécie tenha uma grande capacidade de remoção de carbono. Assim, explica-se porque as árvores de crescimento mais lento, as autóctones, como o *Quercus faginea*, têm uma reduzida capacidade de remoção, pois apesar de terem um valor mais elevado que a espécie *Eucalyptus* para a biomassa total (0,82 t ms.m<sup>3</sup>), apresentam um valor para a taxa média de crescimento líquido muito reduzido (0,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>)

De notar que o Parque de Avioso – S. Pedro está a sofrer um plano de gestão, pelo que até à data de entrega do presente trabalho não foi possível obter informação fiável acerca da área disponível no parque para a florestação das espécies consideradas.

## 7. Conclusão

Com a presente dissertação pretendeu-se quantificar as emissões totais anuais decorrentes da actividade da Quinta da Gruta, para o período de inventário definido de Setembro de 2009 a Setembro de 2010, utilizando uma metodologia baseada no Protocolo de Gases com Efeito de Estufa, o qual estabelece normas internacionais para a contabilização das emissões afectas a uma determinada empresa ou organização.

Assim, foram analisados três âmbitos de estudo. O âmbito 1 abrangeu as emissões provenientes de fontes que são controladas pela Quinta, tendo-se contabilizado as emissões associadas ao consumo de gasolina e gasóleo resultantes da utilização da frota automóvel da Quinta, o consumo de gás natural resultante do funcionamento da caldeira localizada na escola de educação ambiental, bem como as emissões associadas ao tratamento biológico de resíduos e aos animais da Quinta. No âmbito 2 foram contabilizadas as emissões de GEE resultantes do consumo de energia eléctrica, que é adquirida pela Quinta. Por último, no âmbito 3, foram contabilizadas as emissões indirectas que ocorreram em fontes que não são controladas pela Quinta, tendo-se assim, contabilizado as emissões decorrentes da produção de electricidade, como a extracção, processamento e transporte de combustíveis fósseis usados na sua produção, assim como as emissões associadas à produção de gás natural, gasolina e gasóleo, à produção e consumo de gasolina de mistura resultante da actividade da empresa de jardinagem contratada para zelar pelos espaços verdes da Quinta, ao transporte e tratamento de resíduos sólidos, ao tratamento de águas residuais e, ao transporte e produção do papel de impressão e escrita consumido pelos colaboradores da Quinta.

A informação relativa às fontes de emissão consideradas foi obtida através da consulta de facturas de consumo ou através de informação cedida pela CMM, à excepção do consumo de gasolina de mistura, cujos dados foram fornecidos pela empresa contratada. No que diz respeito aos factores de emissão utilizados, estes foram retirados do IPCC (2006), da base de dados Ecoinvent 2.2 (Ecoinvent, 2010) e, para determinar os factores de emissão associados aos destinos finais de alguns resíduos, retirou-se informação da base de dados Franklin USA (Franklin, 1998).

Do estudo efectuado determinou-se que as emissões totais anuais associadas à actividade da Quinta da Gruta, nos limites de inventário definidos, resultaram no valor de 120484 kgCO<sub>2</sub>e. Determinou-se igualmente, que era necessário intervir nas fontes de emissão que mais contribuíam para a pegada de carbono da Quinta, ou seja, as fontes de emissão associadas ao consumo e produção de energia eléctrica (91143 kgCO<sub>2</sub>e) e à combustão e produção de gás natural (20967 kgCO<sub>2</sub>e), na medida em que estas fontes, em conjunto, representavam em termos de percentagem, 93% das emissões totais.

Assim, no sentido de se reduzirem as emissões associadas à produção de electricidade consumida, identificaram-se como fontes susceptíveis de redução o consumo relativo à iluminação, à utilização dos computadores, a principal ferramenta de trabalho da maioria dos colaboradores, e ao sistema de ar condicionado. Para a iluminação identificaram-se medidas como: a substituição das lâmpadas de 50W, existentes no palacete, por lâmpadas de 11W; a redução nas horas de utilização das lâmpadas existentes no palacete em 1 hora por dia; e a redução no número de candeeiros localizados nos espaços exteriores da Quinta ou a ponderação da instalação de sensores de movimento nos mesmos, estimando-se com esta medida, uma redução de pelo menos 50% da energia utilizada pelos candeeiros exteriores. No que diz respeito à utilização dos computadores, admitiu-se que a única medida de redução plausível seria a de desligar o aparelho durante o horário de almoço, isto é, durante 1,5 horas. No que respeita ao sistema de ar condicionado existente no palacete, admitiu-se como medida a redução o número de horas de utilização deste aparelho em 2 horas diárias. Através da adopção destas medidas, determinou-se que as emissões associadas ao consumo e produção de energia eléctrica eram susceptíveis de serem reduzidas para 72695 kgCO<sub>2</sub>e, ou seja, menos 20%, relativamente ao período de inventário.

Relativamente ao consumo do gás natural, verificou-se que apesar do elevado consumo anual deste combustível fóssil, o aquecimento da escola de educação ambiental não era muito eficaz. Por conseguinte, a medida de redução aplicada a esta actividade, resulta na realização de uma auditoria de eficiência e identificação de fugas, estimando-se com a aplicação da mesma, e com um uso racional deste combustível fóssil por parte dos colaboradores da Quinta, uma redução de 50%, o que leva a que as emissões associadas a esta actividade sejam susceptíveis de serem reduzidas para 10483kg CO<sub>2</sub>e, relativamente ao período de inventário.

Em suma, através da aplicação das medidas acima descritas para a energia eléctrica e para o gás natural, as emissões totais anuais decorrentes da actividade da Quinta são susceptíveis de se reduzirem para 91553 kgCO<sub>2</sub>e, cerca de menos 24% relativamente ao período de inventário.

Posteriormente, no sentido de se obter um balanço total neutro em carbono, identificou-se como projecto de compensação, para as emissões que não foram passíveis de serem reduzidas, a plantação de espécies florestais no Parque de Avioso – S. Pedro.

Como a capacidade de absorção de carbono varia de espécie para espécie, realizou-se uma análise ao nível das espécies que se consideraram representativas das áreas florestais a norte de Portugal, tendo-se considerado as espécies *Pinus pinaster*, *Pinus pinea*, *Eucalyptus*, *Quercus faginea* e *Castanea sativa*. Da análise efectuada, determinou-se que a espécie que necessita de menos área para compensar as emissões de CO<sub>2</sub>e, é a espécie *Pinus pinea*, com uma área de 5 ha, logo seguida da espécie *Eucalyptus*, com uma área de 7 ha. De entre todas as espécies analisadas, a *Quercus faginea* é a que apresenta um valor mais elevado ao nível de área necessária para compensar as emissões de CO<sub>2</sub>, apresentando o valor de 128 ha, o que deriva do facto desta espécie apresentar um valor muito baixo para a taxa média de crescimento líquido, levando assim, a uma reduzida capacidade de remoção de CO<sub>2</sub>. De salientar que para compensar devidamente a pegada de carbono associada à Quinta da Gruta, através da plantação de espécies florestais, é de extrema importância efectuar uma gestão florestal adequada, de forma a potenciar ao máximo a capacidade de absorção das diferentes espécies e evitar que estas se tornem em fontes de GEE futuras.

Os resultados obtidos na presente dissertação resultam da aplicação concreta da metodologia definida, a qual poderá e deverá futuramente ser utilizada em outras avaliações semelhantes e em diversos casos de estudo, pois a quantificação das emissões de GEE é o primeiro passo rumo a uma gestão sustentável, sendo o seguinte passo a redução e a compensação dessas mesmas emissões.





# Referências bibliográficas

APA (2008). Comércio Europeu de Licenças de Emissão: Tabela de valores de Poder Calorífico Inferior, de Factor de Emissão e Factor de Oxidação de CO<sub>2</sub> utilizados no Inventário Nacional de Gases com Efeito de Estufa publicado em 2008. Agência Portuguesa do Ambiente. Consultado a 25 de Outubro de 2010 em: [www.apambiente.pt](http://www.apambiente.pt).

APA (2008). Comércio Europeu de Licenças de Emissão: Tabela de valores de Poder Calorífico Inferior, de Factor de Emissão e Factor de Oxidação de CO<sub>2</sub> utilizados no Inventário Nacional de Gases com Efeito de Estufa publicado em 2008 – Complemento para o combustível Biomassa (madeira) e valores de densidade. Agência Portuguesa do Ambiente. Obtido em 25 de Outubro de 2010 em: [www.apambiente.pt](http://www.apambiente.pt).

APA (2010). Relatório do Estado do Ambiente 2009 [Vilar R., Venâncio C., Sousa A. (eds)]. Agência Portuguesa do Ambiente, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Amadora, 172p. ISBN 978-972-8577-57.

APA (2010). Portuguese National Inventory Report On Greenhouse Gases, 1990 – 2008, Submitted Under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol [Costa Pereira T., Seabra T., Maciel H., Torres P.]. Amadora, 15 de Abril, 628p.

APEA (2009). Associação Portuguesa de Energia do Ambiente – Energia e alterações climáticas. Portugal: Comissão Europeia, 2009, 20p. ISBN 978-989-6251-0-5.

Borrego et al. (2009). As alterações climáticas: uma realidade transformada em desafio. Debater a Europa, N.º1 Junho/Dezembro de 2009, 26p. ISSN 1647-6336.

BSI (2008). Publicly Available Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services. Guide to PAS 2050 – How to assess the carbon footprint of goods and services. British Standards Institute, UK, London, 58p.

Câmara Municipal de Óbidos (2010). Programa Óbidos Carbono Social. Óbidos. Consultado a 10 de Outubro de 2010 em: [www.cm-obidos.pt](http://www.cm-obidos.pt).

Carbon Trust (2007). Carbon footprinting. An introduction for organizations. Carbon Trust, Agosto de 2007, UK, 12 p.

Carbon Trust (2008). Product carbon footprinting: The new business opportunity. Experience from leading companies. Carbon Trust, Outubro de 2008, UK, 34 p.

Corporate Environmental Strategy (2002). Managing Business Greenhouse Gas Emissions: The Greenhouse Gas Protocol – A Strategic and Operational Tool [Sundin H., Ranganathan J.]. Corporate Environmental Strategy, Volume 9, Issue 2, Switzerland, Geneva, 137-144 p.

DECC (2009). Guidance on carbon neutrality. Department of Energy and Climate Change, UK, 22 p.

ECOINVENT (2010). Ecoinvent database 2.2 Swiss Centre for Life-Cycle Inventories, Dübendorf.

EEA (2011). Observed Global Annual Average Temperature Deviations in the Period 1850-2010 (in °C). European Environment Agency, Março de 2011.

Franklin (1998). Franklin Associates USA LCI Database Documentation. Franklin Associates, Prairie Village, Kansas, USA.

Houghton (2004). Global Warming. The complete briefing (3rd Edition). Cambridge University Press, Cambridge, 382 p.

IPCC (1990a). Scientific assessment of climate change. Report of working group I to the First Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton J.T., Jenkins G.J. e Ephraums J.J. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, 365 p.

IPCC (1990b). Impacts assessment of climate change. Report of working group II to the First Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Tegart W.J.M., Sheldon G.W. e Griffiths D.C. (eds.)], Australian Government Publishing Service, Canberra.

IPCC (1990c). The IPCC response strategies. Report of working group III to the First Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Island Press, Covelo, 270 p.

IPCC (1996a). Contribution of Working Group I to the Second Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton J.T., Meira Filho L.G., Callender B.A., Harris N., Kattenberg A. and Maskell K (eds)]. Cambridge University Press, UK, 572 p.

IPCC (1996b). Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Watson R.T., Zinyowera M.C. & Moss R.H. (eds)]. Cambridge University Press, UK. 878 p.

IPCC (1996c). Economic and Social Dimensions of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Second Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Bruce J.P., Lee H., Haites E.F. (eds)]. Cambridge University Press, UK. 448 p.

IPCC (2000a). Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change, Technical Support Unit, Hayama.

IPCC (2001a). Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of working group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., van der Linden P.J., Dai X., Maskell K. and Johnson C.A. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 p.

IPCC (2001b). Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [McCarthy J.J., Canziani O.F., Leary N.A., Dokken D.J. and White K.S. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1000 p.

IPCC (2001c). Climate change 2001: mitigation contribution. Contribution of working group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Metz B., Davidson O., Swart R. and Pan J. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 700 p.

IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, [Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds)], Published: IGES, Japan.

IPCC (2007a). Climate Change 2007: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon S., Qin D., Manning M., Marquis M., Averyt, K., Tignor M.M.B., Miller H.L., and Chen Z. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.

IPCC (2007b). Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry M., Canziani O., Palutikof J., Linden P., and Hanson C. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 976 p.

IPCC (2007c). Climate change 2007: mitigation contribution. Contribution of working group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Metz B., Davidson O., Bosch P., Dave R. and Meyer L. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 851 p.

ISA (2006). Carbon neutral – sense and sensibility [Murray J. and Dey C.]. Centre for Integrated Sustainability Analysis at the University of Sydney, Australia, 33 p.

ISA (2009). The carbon neutral free for all [Murray J. and Dey C.]. Centre for Integrated Sustainability Analysis at the University of Sydney, Australia. International Journal of Greenhouse Gas Control, Volume 3, Issue 2, March 2009, 237-248 p.

ISO (1997). ISO 14040:1997. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and Framework. International Organization for Standardization, Switzerland, Geneva, 20 p.

ISO (2006a). ISO 14044:2006. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. International Organization for Standardization, Switzerland, Geneva, 54 p.

ISO (2006b). ISO 14064-1:2006. Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. Switzerland, Geneva, 30 p.

ISO (2006c). ISO 14064-2:2006. Greenhouse gases – Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emissions reductions or removal enhancements. Switzerland, Geneva, 38 p.

Houghton (2004). Global Warming. The complete briefing (3rd Edition). University Press, Cambridge, 382 p.

Ministério da Economia e da Inovação (2008). Direcção Geral de Energia e Geologia: Despacho n.º 17313/2008. Diário da República, 2.ª série - N.º 122, Lisboa de 26 de Junho de 2008, 2p.

Pandey et al., (2010). Carbon footprint: current methods of estimation. Environmental Monitoring and Assessment, Volume 178, Número 1-4, 135-160 p.

PNAC (2001). Programa Nacional para as Alterações Climáticas. Comissão para as alterações climáticas, criada pela RCM n.º72/98, Março de 2002. Instituto do Ambiente, 72 p. ISBN 972-8419-59-7.

PNAC (2006a). Programa Nacional para as Alterações Climáticas. Avaliação do estado de cumprimento do Protocolo de Quioto - Anexo técnico: agricultura e pecuária. Agência Portuguesa do Ambiente, 7 p.

PNAC (2006b). Programa Nacional para as Alterações Climáticas. Avaliação do estado de cumprimento do Protocolo de Quioto - Anexo técnico: energia. Agência Portuguesa do Ambiente, 28 p.

PNAC (2006c). Programa Nacional para as Alterações Climáticas. Avaliação do estado de cumprimento do Protocolo de Quioto - Anexo técnico: gases fluorados. Agência Portuguesa do Ambiente, 21 p.

PNAC (2006d). Programa Nacional para as Alterações Climáticas. Avaliação do estado de cumprimento do Protocolo de Quioto - Anexo técnico: resíduos. Agência Portuguesa do Ambiente, 42 p.

PNAC (2006e). Programa Nacional para as Alterações Climáticas. Avaliação do estado de cumprimento do Protocolo de Quioto - Anexo técnico: Transportes. Agência Portuguesa do Ambiente, 50 p.

Presidência do Conselho de Ministros. *Diário da república nº 162/2006 – I série*. Resolução do Conselho de Ministros nº. 104/2006. Lisboa.

Quinta da Gruta (2010). Complexo de Educação Ambiental da Quinta da Gruta. Maia: Departamento de Ambiente e Qualidade de Vida – Câmara Municipal da Maia [Consultado a 13 de Outubro de 2010]. Disponível em [www.quintadagruta.cm-maia.pt](http://www.quintadagruta.cm-maia.pt).

Resolução do Conselho de Ministros n.º 72/98, de 29 de Junho, criando a Comissão para as Alterações Climáticas.

Sousa, M., Rodrigues, C. and Oliveira, G. (2008) Sequestração geológica de dióxido de carbono: notas sobre o estado-da-arte. *Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia*, 5:6-20 [Consultado a 18 de Setembro de 2010]. Disponível em <https://bdigital.ufp.pt/dspace/bitstream/10284/950/3/6-20.pdf>.

UE (2002). Decisão 2002/358/CE do Conselho de 25 de Abril de 2002 relativa à aprovação, em nome da Comunidade Europeia, do Protocolo de Quioto da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas e ao cumprimento conjunto dos respectivos compromissos. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L130: 1-20.

UN (1992). United Nations framework convention on climate change. United Nations, New York, 33 p.

UN (1997). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations, 3rd session of the Conference of the Parties, Kyoto, Japão.

UNEP (2000). The Montreal Protocol on substances that deplete the ozone layer as either adjusted and/or amended in London 1990, Copenhagen 1992, Vienna 1995, Montreal 1997 and Beijing 1999. Ozone Secretariat, United Nations Environment Programme, Nairobi, 47 p.

UNEP and UNFCCC (2002). Climate change information kit. United Nations Environment Programme/United Nations Framework Convention on Climate Change, Geneva/Bonn, 60 p.

UNFCCC (1998). Report of the Conference of the Parties on its third session, held at Kyoto from 1 to 11 December 1997 - Part two: action taken by the Conference of the Parties at its third session. FCCC/CP/1997/7/Add.1, United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn, 60 p.

UNFCCC (2005). Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol on its first session, held at Montreal from 28 November to 10 December 2005 - Part Two: Action taken by the Conference of the Parties serving as the

meeting of the Parties to the Kyoto Protocol at its first session. FCCC/KP/CMP/2005/8/Add.1, United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn, 66 p.

UNFCCC (2007). Uniting on climate. A guide to the Climate Change Convencion and the Kyoto Protocol. United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn, 44 p.

WBCSD and WRI (2004). The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Ededition. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, March 2004, Switzerland, Geneva, 116p. ISBN 1-56973-568-9.

WBCSD and WRI (2005). The Greenhouse Gas Protocol: Project Accounting. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, Switzerland, Geneva, 148 p. ISBN 1-56973-598-0.

Widman, T. et al. (2008). A definition of 'Carbon Footprint'. In: C.C.Pertsova, Ecological Economics Research Trends, Chapter 1, 1-11p, Nova Science Publichers, USA, Hauppauge NY.

Weidema et al. (2008). Carbon footprint: A catalyst for life cycle assessment? Journal of Industrial Ecology, volume 12, issue 1, p. 3-6, Fevereiro de 2008, Department of Development and Planning Aalborg University, Aalborg, Denmark.

Wiedmann et al. (2009). Carbon Footprint and Input-Output Analysis – An Introduction. In Economic Systems Research, Volume 21, issue 3, p. 175-186, Stockholm Environment Institute, Grimston House, University of York, York, UK. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1080/09535310903541256>.

WMO (2006). Scientific Assessment of Ozone Deplation:2006. Global Ozone Research and Monitoring Project-Report No.50, World Meteorological Organization, Geneva, 572 p.

WMO (2008). WMO statement on the status of the global climate in 2008. World Meteorological Organization, N.º 1039, Geneva, 16 p.

WRI (2002). Working 9 to 5 on Climate Change: An Office Guide [Putt del Pino S. and Bhatia P.], Washington D.C., USA, 70p. Disponível em: [http://pdf.wri.org/wri\\_co2guide.pdf](http://pdf.wri.org/wri_co2guide.pdf).

WRI (2006). The Greenhouse Gases Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised edition. Washington D.C., USA, 116p. Disponível em [http://pdf.wri.org/ghg\\_protocol\\_2004.pdf](http://pdf.wri.org/ghg_protocol_2004.pdf).

WRI (2007). The Greenhouse Gases Protocol Initiative – GHG Estimation Tools. Washington D.C., USA.

Wuebbles D. J. and Hayhoe K. (2002). Atmospheric methane and global change. *Earth-Science Reviews* 57:177-210.



# Anexos



# Anexo A

## Quantificação das emissões relativas aos gases refrigerantes decorrentes da utilização de equipamentos de refrigeração e de ar condicionado

A quantificação das emissões associadas à utilização de equipamentos de refrigeração e ar condicionado existentes na Quinta, foi realizada através da aplicação da Equação A, estando os resultados descritos na Tabela A.1. De referir que o HCFC-22 e o HC-600a são relativos ao sistema de ar condicionado e aos equipamentos de refrigeração, respectivamente.

$$E_{\text{lifetime},t} = B_t \cdot \frac{x}{100} \quad [A]$$

Onde,

$E_{\text{lifetime},t}$  = Quantidade de gás refrigerante emitido durante a utilização do equipamento no ano t, em kg;

$B_t$  = Quantidade de gás refrigerante existente no equipamento no ano t, em kg;

$x$  = Factor de emissão do gás refrigerante durante a operação do equipamento, tendo em conta as fugas médias anuais e as emissões médias anuais durante o funcionamento do equipamento, em percentagem.

**Tabela A. 1** Emissões anuais associadas à utilização de equipamentos de refrigeração e ar condicionado, em kg

GEE	$B_t$ (kg)	$x$	$E_{\text{lifetime},t}$ (kg/ano)
HCFC-22	13,4	1	0,13400
HC-600a	0,051	0,1	0,00015

De notar que os valores de  $x$  foram retirados do 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories e que os valores relativos aos  $B_t$  (kg) foram retirados dos equipamentos existentes. De notar ainda que existem três equipamentos de refrigeração na Quinta.

Para converter os valores obtidos na Tabela A.1 em kgCO<sub>2</sub>e, utilizaram-se os PAG presentes na Tabela A.2, estando os resultados descritos na Tabela A.3.

**Tabela A. 2** Gases refrigerantes e respectivos PAG

Designação	Fórmula química	PAG <sub>100</sub>
HCFC-22	CHClF <sub>2</sub>	1,810
HC-600a	CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	20

**Tabela A. 3** Emissões anuais associadas à utilização de equipamentos de refrigeração e ar condicionado, em kgCO<sub>2</sub>e

GEE	E <sub>lifetime,t</sub> (kgCO <sub>2</sub> e/ano)
HCFC-22	242,54
HC-600a	0,00306

# Anexo B

## Cenário de quantificação que contempla as emissões evitadas

No que diz respeito à incineração, as emissões totais anuais associadas a esta actividade correspondem ao valor de 1578 kgCO<sub>2</sub>e, tal como se pode verificar na Tabela B1.

**Tabela B 1** Emissões totais anuais associadas à incineração de resíduos sólidos

Actividade	Emissões (kg CO <sub>2</sub> e/ano)
Papel/cartão	6
PE	1202
PET	233
Plásticos mistos	134
Restos de comida	3
<b>Total =</b>	<b>1578</b>

No entanto, como a incineração leva à produção de energia eléctrica na rede nacional, as emissões associadas à produção de energia eléctrica podem ser deduzidas das emissões apresentadas na Tabela B1.

Através de dados obtidos na base de dados Ecoinvent 2.2 (Ecoinvent, 2010), concluiu-se que a incineração dos resíduos gerados na Quinta para o período de inventário, levaram à produção de 804 kWh. Assim, efectuaram-se cálculos de forma a obter-se as emissões associadas ao consumo e produção de energia eléctrica resultante da incineração, constando os resultados na Tabela B2.

**Tabela B 2** Emissões associadas ao consumo e produção de energia eléctrica resultante da incineração

GEE	Consumo (kWh/ano)	FE (kg/kWh)	Fonte	Emissão (kgCO <sub>2</sub> e/ano)
CO <sub>2</sub>	804	5,635E-01	Ecoinvent (2010)	453
CH <sub>4</sub>		8,880E-04		18
N <sub>2</sub> O		1,781E-05		4
SF <sub>6</sub>		9,364E-08		2

Analisando a Tabela B2 verifica-se ocorre uma emissão anual de 477kgCO<sub>2</sub>e, a qual pode ser deduzida ao valor de 1578 kgCO<sub>2</sub>e. Desta forma, as emissões totais anuais associadas à incineração correspondem ao valor de 1101 kgCO<sub>2</sub>e.

Relativamente à reciclagem, as emissões totais anteriormente calculadas para esta actividade, correspondem ao valor de 580 kgCO<sub>2</sub>e, o qual está descrito na Tabela B3.

**Tabela B 3** Emissões totais anuais associadas à reciclagem de resíduos sólidos

<b>Actividade</b>	<b>Emissões (kg CO<sub>2</sub>e/ano)</b>
Papel/cartão	187
PEAD	84
PEBD	50
PET	47
Plásticos mistos	28
Vidro	184
<b>Total =</b>	<b>580</b>

Contudo, a reciclagem leva à produção de novos materiais sem que para tal seja necessária a utilização de matérias-primas virgens. Por exemplo, a produção de papel a partir de papel reciclado evitará a produção do mesmo a partir de fibra virgem. Assim, através de dados obtidos na base de dados Ecoinvent 2.2 (Ecoinvent, 2010), concluiu-se que a reciclagem dos resíduos gerados na Quinta, para o período de inventário, levou a que se evitasse a emissão de 793 kgCO<sub>2</sub>e.

Deduzindo as emissões decorrentes da actividade de reciclagem (793 kgCO<sub>2</sub>e/ano) às emissões anuais calculadas na Tabela B3, obtém-se para esta actividade o valor final de -216 kgCO<sub>2</sub>e/ano.

Substituindo os valores presentes na Tabela 27, para os resíduos sujeitos a incineração e reciclagem, pelos valores obtidos no presente cenário de quantificação, obtém-se o valor de 119212 kgCO<sub>2</sub>e para a pegada de carbono da Quinta, tal como se pode verificar pela análise da Tabela B4.

**B 4 Emissões totais anuais por actividade, em kgCO<sub>2</sub>e, tendo em conta as emissões evitadas associadas às actividades de incineração e reciclagem**

<b>Actividade</b>	<b>Emissões (kg CO<sub>2</sub>e/ano)</b>
<b>Combustão de combustíveis fósseis em veículos pertencentes à Quinta:</b>	<b>3438</b>
Gasolina	999
Gasóleo	2439
<b>Combustão de combustíveis fósseis em equipamento estacionário:</b>	<b>16725</b>
Gás natural	16725
<b>Tratamento biológico de resíduos Animais</b>	<b>33</b>
<b>Total âmbito 1 =</b>	<b>22106</b>
<b>Consumo de energia eléctrica</b>	<b>65420</b>
<b>Total âmbito 2 =</b>	<b>65420</b>
<b>Produção de energia eléctrica</b>	<b>25723</b>
<b>Produção de combustíveis fósseis:</b>	<b>4759</b>
Gás natural	4242
Gasolina	198
Gasóleo	319
<b>Produção e consumo de gasolina de mistura:</b>	<b>139</b>
Consumo de gasolina de mistura	118
Produção de gasolina de mistura	21
<b>Transporte e tratamento dos resíduos sólidos:</b>	<b>934</b>
Incineração	1101
Transporte resíduos indiferenciados	36
Reciclagem	-216
Transporte resíduos sujeitos a separação	13
<b>Tratamento de águas residuais</b>	<b>25</b>
<b>Transporte e produção de papel:</b>	<b>106</b>
Produção de papel	75
Transporte do papel	31
<b>Total âmbito 3 =</b>	<b>31686</b>
<b>TOTAL =</b>	<b>119212</b>